6(49.3)45
c.1

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

DEUXIÈME SÉRIE

TOME IX — JANVIER 1896

(VINGTIÈME ANNÉE ; TOME XXXIX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
IMPRIMERIE POLLEUNIS & CEUTERICK
30, RUE DES ORPHELINS, 30.
Même maison à Bruxelles, 37, rue des Ursulines.

1896

2.8.9403 Imp 3

ESSAI

DE

GÉOMORPHOGÉNIE DESCRIPTIVE

L'EUROPE, LES ILES BRITANNIQUES

INTRODUCTION.

En plus d'une circonstance, nous avons appelé l'attention des lecteurs de la *Revue* sur le changement profond qui est en voie de s'accomplir dans l'enseignement de la géographie (1). Cette science renonce définitivement aux errements du passé, et ceux qui la professent s'efforcent de plus en plus de lui donner une base rationnelle, en rattachant étroitement la description des formes actuelles du globe à la notion des vicissitudes d'où est sorti l'état présent de l'écorce terrestre.

Cette heureuse tendance a inspiré, dans ces derniers temps, plusieurs ouvrages remarquables, tels que les livres de M. Sievers sur l'Asie, l'Afrique, l'Amérique, et la belle publication où, sous le titre de *Länderkunde des Erdtheils Europa*, M. Kirchhoff a réuni de magistrales monographies de régions dues à MM. Penck, Théobald Fischer, J. Hahn, etc. De telles œuvres témoignent de la haute

(1) Voir nos articles sur *L'Age des formes topographiques* (REVUE DES QUEST. SCIENTIF., octobre 1894) et sur *La Géomorphogénie* (IBID., avril 1895).

culture scientifique qui prévaut en Allemagne dans les cercles géographiques. Mais elles supposent en général, de la part du lecteur, une initiation géologique beaucoup plus complète que celle sur laquelle il est permis de compter dans toute autre contrée que les pays allemands.

Nous voudrions essayer ici de donner une idée suffisante des avantages de la nouvelle méthode, en ne faisant intervenir les connaissances géologiques qu'à dose très réduite, s'il est permis de s'exprimer ainsi, sans pourtant cesser un instant de les prendre pour appui. Nous choisirons pour cela la description de l'Europe, considérée en général, et celle des Iles Britanniques. Pour la complète intelligence des termes que nous aurons occasion d'employer, il suffira de rappeler ce qui suit :

Les terrains de sédiment, qui composent la majeure partie du sol de notre Europe, sont constitués par des couches successives de débris, provenant de la dégradation de la terre ferme, et qui, à chaque époque, venaient tapisser le fond des mers contemporaines. Avec les débris se déposaient les restes des animaux qui peuplaient les mers. Ainsi s'est formée par superposition, à travers les âges, une série sédimentaire très variée, que la considération des fossiles ou restes organiques enfouis a fait diviser en trois grands groupes : *primaire*, *secondaire* et *tertiaire*.

Le plus ancien groupe, le primaire, a pour base un ensemble entièrement cristallin, qu'on désigne sous le nom de terrain *archéen*. Ce terrain représente-il la croûte primitive, formée par refroidissement à la surface du globe, quand la terre a passé de la condition ignée à celle de planète obscure ? Ou bien n'est-ce qu'une série d'anciens sédiments, que les gaz, les vapeurs et les dissolutions, émanés du foyer central, auraient rendus méconnaissables en faisant cristalliser leurs éléments ? Il est actuellement impossible de le dire. Toujours est-il que c'est sur ce

substratum tout spécial que reposent les plus anciennes couches où l'on commence à trouver des traces organiques.

Ces couches, qui forment le premier terme du groupe *primaire,* constituent le système *précambrien.* Puis viennent successivement le *silurien,* le *dévonien,* le *carbonifèrien,* enfin le *permien,* avec lequel seulement apparaissent les premières traces de reptiles. En général, ces terrains ont été fortement disloqués, et injectés de roches éruptives diverses, dont la plus caractéristique est le granite.

Le groupe secondaire débute par le *trias,* auquel succèdent les systèmes *jurassique* et *crétacé* ou *crétacique.* Il correspond à l'apogée des reptiles.

Quant au tertiaire, il se subdivise en deux systèmes, *éogène* à la base, *néogène* au sommet ; le premier comprend la série *éocène,* avec laquelle les mammifères prennent leur essor, et la série *oligocène;* tandis que le néogène se divise en *miocène* et *pliocène.*

L'ère moderne ou *quaternaire* a débuté par les temps *pleistocènes,* pendant lesquels les glaciers ont pris à plusieurs reprises un immense développement dans l'hémisphère boréal. Leur dernière invasion avait été précédée par l'apparition de l'homme dans nos contrées ; et après leur départ, le froid vif de l'*âge du renne* a fait place au régime humide des tourbières, par lequel on peut dire que l'époque actuelle a été inaugurée.

A diverses reprises, le dépôt des sédiments a été troublé par des ruptures d'équilibre de l'écorce. Chaque fois, d'anciens depôts marins se trouvaient ainsi refoulés et dressés en bourrelets contre le bord de la terre ferme. Après quoi ces chaînes de montagnes, sous l'effort des eaux courantes et des agents atmosphériques, perdaient peu à peu leur relief et se transformaient en territoires à peu près unis ou *pénéplaines,* en attendant une nouvelle période de dislocations.

Si l'on veut bien admettre ces notions comme établies,

elles suffiront pour qu'on puisse prendre intérêt à l'essai descriptif qui va suivre (1).

Il est à peine besoin d'ajouter que, dans cet essai, on ne devra pas s'attendre à trouver beaucoup d'indications nouvelles. Ce n'est pas une révélation que nous prétendons apporter ici, mais bien plutôt une coordination systématique de faits déjà connus autour de quelques idées directrices.

On nous excusera donc de répéter ce que plus d'un auteur a déjà pu dire, et de penser néanmoins que même ces redites peuvent gagner beaucoup à être présentées dans un nouveau cadre, tout imprégné de la notion des phénomènes qui ont déterminé les diverses phases de l'évolution géographique.

APERÇU GÉNÉRAL SUR L'EUROPE.

De toutes les divisions de la terre ferme, l'Europe est celle dont le contour offre les plus profondes découpures. A l'exception de sa limite orientale, la mer y trouve partout un facile accès vers l'intérieur. Cette circonstance est le mieux marquée dans la région méditerranéenne, où, jointe à la douceur du climat, elle a puissamment contribué au rapide développement de la civilisation dans ces parages.

Il y a, du reste, entre le nord et le sud de l'Europe, une différence fondamentale en ce qui regarde le mode de morcellement de la terre ferme. Si découpées que soient les côtes de la Scandinavie et des Iles Britanniques, nulle part elles ne bordent ni n'encadrent de grandes profondeurs maritimes. Au large de l'Irlande, des Hébrides et même des Shetland, s'étend un plateau sous-marin qui va

(1) Cet essai est destiné à faire partie d'un livre que l'auteur publie, en ce moment même, chez l'éditeur Masson, à Paris, et qui a pour titre: *Leçons de Géographie physique.*

se souder, d'une part au fond du golfe de Biscaye, de l'autre à la Norvège méridionale, et où l'épaisseur de la nappe d'eau est partout inférieure à 200 mètres. Ce même plateau longe la Norvège et s'épanouit un peu devant les îles Lofoten. Enfin la Baltique tout entière appartient à cette zone de bas-fonds. En réalité, la séparation de la Finlande et de la Suède n'est guère qu'une apparence, et les Iles Britanniques sont un véritable appendice du continent européen, appendice à l'isolement duquel l'érosion marine, si puissante dans cette région, a certainement contribué pour une bonne part.

D'ailleurs, si loin qu'on aille entre les Shetland et l'Islande, on n'y rencontre pas de profondeurs supérieures à 2000 mètres, et le long de la Norvège, jusqu'au cercle polaire, ce chiffre n'est atteint qu'à une grande distance de la côte.

Au contraire, dans la Méditerranée, la zone des fonds de moins de 200 mètres n'occupe une surface appréciable que dans l'Adriatique. Partout la courbe bathymétrique ou *isobathe* de 2000 mètres longe les rivages à faible distance, et quatre fosses importantes offrent des profondeurs comprises entre trois et quatre kilomètres. La première est située entre les Baléares et la Sardaigne; la seconde s'ouvre sous la mer Tyrrhénienne; la troisième, encore plus étendue, se trouve entre la Sicile et la Crète; enfin la quatrième est rencontrée par la sonde quand on va de l'île de Crète à la côte égyptienne.

Les découpures de cette mer appartiennent donc à un tout autre type que celles du nord. Elles rentrent dans la catégorie de ce que M. Penck (1) a appelé *gelappten Küsten* ou *côtes à grands lobes*, c'est-à-dire à promontoires saillants et déchiquetés, entre lesquels s'ouvrent, dans les golfes, de véritables abîmes sous-marins. Une telle structure est le résultat de grandes dislocations accom-

(1) *Morphologie der Erdoberfläche.*

pagnées d'effrondements, tandis qu'un léger gauchissement de l'écorce, combiné avec une active érosion par les vagues, peut suffire à rendre compte de l'état des côtes septentrionales, du moins si l'on en excepte la partie qui borde immédiatement l'Atlantique. En effet, cette dernière abonde en *fjords,* structure complexe, à la production de laquelle beaucoup de causes ont contribué, mais où se trahit avant toute chose l'état de crevassement d'un terrain qui a subi un grand effort de rupture.

D'autre part, toutes les hautes montagnes de l'Europe appartiennent à la région méditerranéenne. Il y a un rapport étroit entre la cause qui les a fait surgir et celle qui a déterminé les fosses marines du midi. Dans le nord, en Écosse comme en Norvège, il existe assurément des contrées *montueuses ;* mais il n'y a pas de *chaînes de montagnes.* Le terrain se relève assez régulièrement de l'est à l'ouest, si bien que les plus fortes altitudes font directement face à l'Atlantique, par lequel on les voit brusquement tranchées. De là cette sensation de montagnes, que les rivages scandinaves, par exemple, produisent pour le navigateur qui les aborde. Mais l'impression s'évanouit quand, après avoir gravi les pentes abruptes du versant occidental, on se trouve sur de hautes terres d'où, parfois, toute cime est absente aussi loin que la vue puisse porter.

Enfin, autant la partie méridionale de l'Europe présente de variété, autant la bande septentrionale est uniforme, depuis le nord de l'Irlande jusqu'à la Finlande. Partout domine, comme fond, le terrain archéen, façonné en une pénéplaine, qui a été disloquée sur son bord par des cassures récentes, ou accidentée par des massifs de nature éruptive. De plus, toute la partie montueuse de la bande porte des traces manifestes d'une action glaciaire moderne, telle qu'il doit s'en produire là où une glace épaisse et étendue pèse de tout son poids ; et au delà règne, dans toute sa netteté, le *paysage morainique,* celui qu'engendre toujours le long stationnement de l'extrémité des lobes

glaciaires. Enfin le bord extrême de la bande, sur les rives de la mer du Nord et de la Baltique, est constitué par une zone de *pays-bas*, où les dépôts des moraines terminales, venues du nord, s'enchevêtrent avec les alluvions de l'embouchure des fleuves coulant en sens inverse.

Entre la zone septentrionale de l'Europe et les pays méditerranéens s'étend, limitée au sud par la chaîne alpine et ses dépendances, une bande médiane, que caractérisent la variété et l'apparente indécision de son orographie. Une série de massifs s'y succèdent comme en chapelet, et les cours supérieurs des rivières s'y enchevêtrent, en quelque sorte, les uns dans les autres. La géologie révèle la cause de cette confusion, dans les obstacles que les mouvements orogéniques récents, originaires du midi, ont éprouvés de la part d'une suite de noyaux archéens rigides, semés en travers de la poussée. En plus d'un point, cette résistance a fait naître des espèces de bassins, enfermés dans une ceinture de bourrelets montagneux, d'où les cours d'eau s'échappent en forçant des brèches. La variété est grande parmi les sédiments secondaires et tertiaires dont cette zone médiane est surtout composée, et qui tous, formés non loin des rivages, dans des bassins assez limités, contrastent avec le caractère pélagique des dépôts plus méridionaux.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique à la partie de l'Europe située à l'ouest de la Russie. Mais l'immense territoire compris entre la mer Glaciale et la mer Noire se détache du reste comme une unité à part. Le relief y est insignifiant et d'une remarquable uniformité. Cependant le système hydrographique ne laisse voir aucune indécision. On pressent qu'une très longue érosion a eu le temps d'aplanir le terrain et d'y régulariser l'écoulement des eaux, sans qu'aucun plissement vînt interrompre l'œuvre de nivellement.

Et de fait, la géologie nous apprend à y reconnaître un territoire où les plus anciens sédiments eux-mêmes sont

demeurés horizontaux, tous les efforts orogéniques étant venus mourir contre le bord occidental et méridional de ce môle gigantesque. Tandis qu'au sud des incursions marines toujours tranquilles ont largement étalé leurs dépôts, la grande nappe glaciaire a recouvert, au nord, les deux tiers de la superficie du massif russe. Encore la plupart des accumulations morainiques ont-elles été assez longtemps exposées à l'érosion pour que toute indécision ait disparu de leur surface.

Un fait remarquable est l'indépendance presque complète du réseau hydrographique européen vis-à-vis de l'océan Atlantique. Aucune rivière digne de ce nom n'arrose le versant occidental de la Norvège. La Grande-Bretagne n'en envoie pas non plus dans la même direction. Des deux fleuves français qui s'y rendent, l'un, la Loire, ne le fait qu'après avoir, en quelque sorte, essayé de trouver une issue vers le nord, et encore parce que, durant la fin des temps tertiaires, la mer était venue de l'ouest à sa rencontre jusqu'aux portes de Blois. Quant aux rivières de la péninsule ibérique, à l'exception du Guadalquivir, elles n'arrivent à l'océan que par des gorges étroites, accusant un travail qui ne peut être de bien ancienne date.

Pendant ce temps, les fleuves de beaucoup les plus plus considérables de l'Europe, Èbre, Rhône, Pô, Danube, Dnieper, Don, Volga, se rendent au sud, dans la dépression méditerranéenne ou ses annexes. De leur côté, la mer du Nord et la Baltique reçoivent l'important tribut de la Tamise, de la Meuse, du Rhin, du Weser, de l'Elbe, de l'Oder, de la Vistule, qui tous s'y dirigent sans indécision. Comme si, dans ces deux sens, il y avait eu, de longue date, appel des eaux courantes, tandis que l'issue vers l'Atlantique aurait été tardivement ouverte.

Or, justement la géologie nous enseigne que le Pays de Galles, la Cornouaille anglaise, l'Armorique, la *meseta* ibérique, sont de véritables ruines, restes de massifs autrefois bien plus étendus vers l'ouest, et d'où s'échap-

paient à de certaines époques, notamment au début de la période crétacée, de puissants fleuves venant déboucher sur l'emplacement des Pays-Bas. L'érosion marine a peu à peu rongé ces territoires, et pour tout ce qui dépasse le 55e degré de latitude, les flots de la mer ont pénétré assez tard dans ces parages, trouvant d'ailleurs des côtes trop escarpées pour qu'un réseau de cours d'eau tributaires ait pu faire autre chose que de s'ébaucher.

Au contraire, une grande dépression a toujours existé, longtemps même avec le régime de haute mer, là où se trouve aujourd'hui la Méditerranée ; et lorsqu'aux temps tertiaires presque toute la zone médiane de l'Europe était définitivement émergée, les eaux marines occupaient la place de la bande des Pays-Bas septentrionaux, passant entre la Suède et les collines de l'Allemagne. Le réseau hydrographique créé de ce dernier côté n'a eu qu'à s'allonger vers le nord, à mesure que diminuait le domaine maritime. De là vient la régularité qu'il a su garder. Mais, dans la zone méditerranéenne, les plissements alpins, venant se dresser en travers des artères fluviales, ont amené plus d'une déviation, déterminant parfois des parcours compliqués et semés d'obstacles, comme celui du Danube.

La division de l'Europe en trois zones bien distinctes a exercé une grande influence sur l'histoire de la civilisation dans ces contrées. Favorisées par le soleil et le climat, libres de communiquer les unes avec les autres le long de rivages bien découpés, bordant une mer tranquille et qui n'exigeait pas de longues traversées, les populations méditerranéennes sont rapidement arrivées à un état de culture avancé. Vives comme la lumière qui les éclaire, habituées à contempler des paysages aux éclatantes couleurs, elles ont eu les premières le sentiment des arts. En même temps les volcans, qu'elles côtoyaient, et les tremblements de terre, dont elles ont eu plus d'une fois à

souffrir, leur ont donné, des forces de la nature, une notion plus complète que chez tout autre groupe humain.

Pourtant la zone méditerranéenne n'a pas joui tout entière de ce rapide et complet développement. Le privilège en a été réservé aux rivages maritimes, ainsi qu'aux pays peu accidentés du voisinage. Mais les montagnes, Apennins, Alpes dinariques, Balkans, et les massif anciens, *meseta* ibérique, Rhodope, etc., respectés par les dislocations qui, en créant les fosses méditerranéennes, avaient isolé les péninsules du midi, sont demeurés étrangers au mouvement. Et parce que ces pays, au sol inégal et difficile, n'étaient traversés par aucun fleuve important, ils ont gardé, à côté de la civilisation exubérante de leur entourage, un caractère plus primitif que n'importe quelle autre région de l'Europe du nord.

Dans la zone médiane, la chaîne alpine a longtemps opposé un obstacle difficilement franchissable aux migrations vers le midi : obstacle d'autant plus sérieux qu'après une première occupation de ces contrées par l'homme, le retour final des grands glaciers a dû rendre, pour de longs siècles, inabordables et redoutés, non seulement la chaîne montagneuse, mais ses alentours immédiats. De plus, la division naturelle de cette zone en bassins ou massifs indépendants, presque aussi fermés au nord qu'au sud, a favorisé la constitution de peuplades défiantes, rudes et sévères dans leur genre de vie, attachées à leur sol comme à leurs coutumes, et peu disposées à l'expansion.

Toutefois ces territoires n'ont pas été fermés à la civilisation. D'abord, si quelques-uns constituaient des massifs saillants, d'accès difficile et de sol rude, d'autres étaient de véritables bassins, au terrain fertile, formés par effondrement au centre d'une ceinture montagneuse. De plus, les uns comme les autres livraient passage à de grands cours d'eau, Rhin, Elbe, Danube, etc., par où s'accomplissait forcément l'échange avec le dehors. Aussi

l'histoire de ces régions diffère-t-elle grandement de celle des noyaux anciens de la bande méditerranéenne.

Quant à la zone septentrionale, abandonnée la dernière par les glaces et soumise à des conditions physiques peu clémentes, elle n'offrait du moins, grâce à la bande des pays-bas riverains de la Baltique et de la mer du Nord, aucune barrière aux incursions vers l'ouest. Endurcis contre les intempéries, et habitués à lutter contre une mer souvent déchaînée, que les vents dominants et les grandes marées poussaient avec violence contre leurs rivages, les *hommes du nord*, tout en gardant une nature froide et une imagination tranquille, sont devenus de hardis pirates, aimant à se jeter sur les pays de l'occident, qu'ils pouvaient aborder par terre comme par mer.

Enfin la région française, intermédiaire par sa situation, comme par son relief et son climat, entre les diverses zones de l'Europe, à cheval sur l'Océan et la Méditerranée, bien ouverte à la fois au nord, à l'ouest et au sud-est, était le terrain de rencontre désigné des races les plus différentes. La fusion de ces éléments, jointe à l'extrême variété d'un sol relativement facile, a fixé les destinées d'un pays qui devait tenir une grande place dans l'histoire, et se montrer, avec son rare mélange de qualités et de défauts, le plus attirant de tous ceux qui aient place au soleil.

LES ILES BRITANNIQUES. APERÇU GÉNÉRAL.

Les Iles Britanniques portent, au plus haut degré, l'empreinte du morcellement par lequel un territoire homogène a fini par être divisé en compartiments distincts. L'ensemble de ces îles est partagé en deux sections, d'ailleurs fort inégales, par une ligne à peu près nord-sud, allant de Newcastle sur la mer du Nord à Exeter sur la Manche. A l'ouest de cette ligne, tout le pays est accidenté,

montueux et surtout fortement découpé. Le climat en est rude, et le sol se relève constamment vers l'ouest, où il touche à l'océan par des falaises capricieusement déchiquetées, contre lesquelles s'acharnent les vagues de l'Atlantique. A l'est, au contraire, s'étend un pays de faible relief, aboutissant à la mer du Nord par des côtes plates et de contour régulier, au sol fertile et partout bien cultivé.

Cette limite orographique est en même temps une frontière géologique de grande importance. Elle marque le bord extérieur d'un massif continental, dont l'océan n'a laissé subsister que des ruines, et qui s'étendait autrefois bien loin vers l'ouest, tandis que sa rive orientale était constamment baignée par les mers secondaires. Le massif ancien lui-même avait pour noyau fondamental un territoire archéen, dont les Hébrides, les Highlands du nord de l'Écosse et une partie du comté de Donegal en Irlande représentent les derniers lambeaux, et qui aujourd'hui encore forme la partie la plus accidentée des Iles Britanniques. Contre ce noyau sont venues se coller des bandes successives de terrains primaires, chaque fois relevées en bourrelets montagneux, et injectées de diverses roches éruptives ainsi que de filons métallifères, puis rabotées par l'impitoyable érosion. Ainsi se sont formés peu à peu les divers districts de l'Irlande et, en Angleterre, le Cumberland, le Pays de Galles, la Cornouaille, avec les trésors de minerais et de combustible minéral qu'ils renferment.

Ce massif ancien, tant de fois disloqué et ressoudé par des injections internes, avait fini par devenir rigide, et ne pouvait plus se prêter à des efforts de plissement. Abondonné au jeu régulier des puissances extérieures, il serait devenu une pénéplaine à peu près uniforme. Et de fait, il a dû passer au moins trois fois par cette condition, durant les temps primaires et après leur achèvement. Mais les dislocations qui, dès le début de l'ère tertiaire,

préparaient l'ouverture définitive de l'Atlantique nord, ont modifié le niveau du territoire en le relevant, d'une façon générale, vers le bord de la fosse qui allait se former, en même temps qu'elles divisaient profondément sa masse, et en préparaient l'émiettement par des cassures parfois tout à fait rectilignes.

Alors les différences de dureté des roches se sont fait jour, mettant les plus résistantes en saillie notable; et comme, d'autre part, les actions volcaniques accumulaient leurs produits, de l'Irlande aux Hébrides, sur le bord de la fente atlantique ; comme, le long des cassures, les compartiments sollicités à s'effondrer jouaient les uns par rapport aux autres, les restes émergés du grand district ancien sont redevenus des pays montueux. On n'y voit pas de chaînes proprement dites ; l'orographie en est confuse au dernier degré, mais le sol n'en est pas moins très accidenté , et produit souvent l'impression caractéristique des montagnes ; ce qui se comprend si l'on réfléchit que le relief moyen, pour être peu considérable en lui-même, a cependant, relativement à la superficie du groupe insulaire, la même valeur qu'ont les Alpes par rapport à la surface de l'Europe médiane, ou l'Atlas vis-à-vis du nord de l'Afrique (1).

Dans ces districts, l'existence des hommes, véritables *montagnards,* est restée rude comme le climat, excepté pour les parties où les richesses minérales du sol ont fini par déterminer l'éclosion d'une vie industrielle intense. Ajoutons que les glaces y ont partout fait sentir leur action, adoucissant les contours des éminences et parsemant le pays de produits morainiques qui, formant barrage en travers des cours d'eau, ont engendré de nombreux marécages, bientôt envahis par la tourbe en raison de l'humidité du climat.

(1) J. Hahn, *Kirchhoff's Länderkunde,* Europa.

L'ÉCOSSE ET SES DÉPENDANCES.

L'Écosse se divise naturellement en trois parties : au nord sont les *Highlands* ou Hautes-Terres, que sépare en deux la remarquable dépression rectiligne du canal Calédonien, au sud de laquelle le pays prend le nom de Monts Grampians. Au milieu viennent les Basses-Terres *(Lowlands)*, c'est-à-dire l'isthme relativement bas qui s'étend d'Édimbourg au delà de Glascow. Enfin le sud appartient à ce que sir Archibald Geikie a nommé les *Southern Uplands* ou Hautes-Terres du midi. A cet ensemble se rattachent trois archipels fortement déchiquetés, les *Hébrides*, les *Orcades* et les îles *Shetland*.

Les *Highlands*, dont le point culminant, le Ben Nevis, atteint 1260 mètres, n'offrent dans l'intérieur ni chaînes de montagnes ni murailles dominantes. C'est un enchevêtrement de cimes, entre lesquelles courent de nombreuses vallées, et surtout de longs sillons remarquablement alignés ou *Glens*. Le plus curieux est le *Glenmore* ou *Grand Glen*, qui traverse le pays de part en part, sans qu'aucun point de son thalweg atteigne 30 mètres d'altitude et sur lequel se trouve le Loch Ness, lac étroit, aux bords escarpés, dont le fond descend à 210 mètres au-dessous du niveau de la mer.

Le Grand Glen, qu'emprunte le canal Calédonien, est exactement parallèle au rivage si rectiligne qui s'étend du Forth à Peterhead, comme aussi au détroit qui sépare l'Écosse des Hébrides. La même direction est bien marquée d'Inverary à la pointe de Cantyre, comme entre Staffa et l'île de Skye. Il n'y a pas le moindre doute que ces sillons ne soient des fentes de dislocation, qui partagent les Highlands en compartiments et semblent en préparer la disparition définitive. Sur le bord atlantique, ces fentes ont donné passage à des laves diverses, dont la sortie, concomitante de l'écroulement qui a fait place à la mer,

a édifié les massifs éruptifs, avec paysages volcaniques caractéristiques, des îles de Mull, de Skye, d'Arran, etc.

La côte occidentale d'Écosse est bordée de *fjords* absolument identiques avec ceux de la Scandinavie. Comme ces derniers, ils ont des profondeurs très variables, offrent souvent des seuils près de leur embouchure, et se partagent en fosses distinctes; de telle sorte que, si le niveau de la mer s'abaissait de cent mètres, plusieurs lacs subsisteraient sur le fond émergé de la partie inférieure des fjords.

Tous ont eu leurs parois dressées par le frottement des glaciers qui les occupaient encore il y a quelques milliers d'années, et par lesquels ont été arrondies et *moutonnées* toutes les saillies rocheuses, en dehors de quelques cimes culminantes, demeurées abruptes parce que la glace en respectait le sommet. Ces mêmes glaciers ont couvert la plus grande partie des Highlands d'accumulations morainiques, dont beaucoup servent de digues à de petits étangs ou *tarns*, à l'eau brune, bien distincts des grands *lochs* ou lacs de dislocation. Autour de ces marais tourbeux s'étendent d'infertiles bruyères, et les bois sont d'une excessive rareté.

A travers les surfaces morainiques, de teinte grise, on voit parfois courir, reconnaissables à la couleur verte de l'herbe, les traînées de graviers connues sous le nom de *kames*, et qui marquent le lit des torrents par lesquels les grands lobes de glace étaient autrefois sillonnés près de leur extrémité libre. En outre, les traces de l'abaissement progressif du niveau des lacs, pendant la retraite des glaces, se révèlent par des terrasses étagées de cailloux, comme les *parallel roads* du Glen Roy.

Le relief de la contrée, résultat d'influences multiples, dont quelques-unes très anciennes (la fente du Grand Glen, le long de laquelle le sol tremble encore quelquefois, était déjà dessinée à l'époque dévonienne), offre toutes sortes de combinaisons, où se traduisent à la fois les

dislocations, les différences de dureté, les accumulations volcaniques ou morainiques, enfin l'érosion glaciaire. Telle montagne élevée, comme le Ben Lawers (1 140 m.), est en réalité le fond, respecté à cause de la résistance de la roche, d'un ancien pli concave, tandis qu'à côté un pli convexe démantelé a fait place à une vallée (1). Enfin les laves relativement récentes, par exemple les obélisques de basalte de l'île de Skye, impriment à certains points de la côte occidentale une physionomie tout à fait indépendante de la nature du substratum archéen.

Un fait très important est la constance de la direction des cours d'eau, qui tous s'écoulent vers la mer du Nord. On sent que le drainage de la région s'est toujours fait de ce côté, et cette disposition n'a pu qu'être accentuée par le mouvement qui relevait la côte occidentale, comme contre-partie de l'écroulement atlantique.

Les Highlands proprement dits, sauf leur pointe nord-est, sont constitués par le terrain archéen, et la région des Grampians offre un mélange de schistes cristallins archéens et de terrains primaires très métamorphiques. Mais le promontoire de Caithness, où le sol s'abaisse sensiblement, est formé de *vieux grès rouge* (2) dévonien, qui est venu autrefois s'appuyer contre le pied d'une chaîne de montagne silurienne, la chaîne *calédonienne* de M. Suess. La même formation, accompagnée de *nouveau grès rouge* triasique, garnit les bords de la grande échancrure où se logent les *firths* de Dornoch et de Moray.

Ainsi l'angle rentrant si curieux que forme la côte écossaise, entre les caps Dunscamby et Kinnaird, n'est pas un accident récent ou fortuit. Il était préparé dès les plus anciennes périodes géologiques. C'était un golfe par où les lagunes de la mer dévonienne et de celles du trias pénétraient dans l'intérieur du massif archéen. Ce golfe

(1) Hahn, *op. cit.*
(2) *Old red sandstone* des Anglais.

n'est d'ailleurs que l'origine du Grand Glen d'Inverness ; et la preuve qu'il y a toujours eu là une ligne faible du sol écossais est fournie par la présence, sur la côte de Sutherland, de lambeaux déposés par la mer jurassique. Des témoins semblables subsistent autour de l'île de Skye, trahissant un ancien détroit. Ainsi le morcellement des Highlands aurait emprunté de très vieilles lignes de moindre résistance du massif.

La différence qui vient d'être signalée, entre les rivages occidentaux de la pointe écossaise et ceux qui regardent vers l'orient, suffirait à expliquer pourquoi les derniers sont infiniment moins découpés et moins riches en fjords que les premiers ; car il est évident que la dislocation et l'érosion n'ont pas pu agir dans la même mesure sur les schistes cristallins des bords du Minch et sur les conglomérats du grès rouge de Caithness et d'Elgin. A cette cause s'en ajoute une autre, peut-être encore plus décisive.

Nous avons dit que les Highlands pouvaient être considérés comme un ancien plateau qui, lors de l'effondrement atlantique, avait dû basculer en se relevant à l'ouest. C'est donc le bord occidental, formant falaise, qui a subi le principal effort de cassure et s'est accidenté ensuite des vallées les plus profondes. En outre les glaciers, qui, s'ils n'ont pas créé les fjords, ont tant contribué par l'occupation de ces sillons à la conservation de leurs caractères topographiques, ont persisté plus longtemps à l'ouest qu'à l'est ; d'abord à cause de l'altitude plus forte ; ensuite parce que l'alimentation en neige devait être plus abondante là où se dressait le plus haut obstacle en face des vents d'ouest. Toutes les conditions étaient donc réunies pour accentuer la profonde différence de contours qui existe entre les rivages atlantiques de l'Écosse et ceux que baigne la mer du Nord ; différence qui, pour les mêmes causes, ne se borne pas à la pointe des Highlands et se poursuit tout le long de l'Écosse.

D'Aberdeen à Greenock, la géologie révèle l'existence

d'une dislocation qui traverse toute l'Écosse, et peut même se suivre au delà, dans l'île d'Arran. C'est là que se fait le passage des Hautes aux Basses Terres. Le long de cette cassure, un ruban de terrain carboniférien commence, qui s'étend jusqu'à Glascow, entre les Grampians d'un côté, les montagnes du sud de l'autre. Non seulement ce bassin atteste une dépression d'âge primaire, où les dépôts dévoniens et carboniériens étaient venus tour à tour se loger ; mais la faible résistance des sédiments qui remplissaient la dépression y a facilité l'œuvre de la dénudation par les eaux courantes. Celle-ci eût été plus complète encore, si diverses masses éruptives, injectées à travers les assises sédimentaires vers la fin des temps primaires, n'avaient mieux résisté à l'érosion que les couches encaissantes; de telle sorte que les débris de ces injections volcaniques demeurent aujourd'hui en saillie, formant les collines de Pentland et en particulier la célèbre éminence d'*Arthur's Seat,* qui domine Édimbourg.

Les Hautes Terres du sud, entre le mont Merrick et les collines de Lammermuir, sont une répétition affaiblie des Grampians. De nombreux plis, alignés du nord-ouest au sud-est (c'est-à-dire transversalement à l'axe orographique apparent de la région), disloquent les terrains primaires, mélangés par places d'archéen. Ces plis, de date très ancienne, appartenant sans doute aux racines de la vieille chaîne calédonienne rabotée, sont sans influence sensible sur le relief actuel, déterminé surtout par la dureté des roches et l'action combinée des eaux et des glaciers. Néanmoins le fait que plusieurs rivières coulent dans la même direction du nord-ouest au sud-est, en traversant tout le pays, indique que la structure tectonique devait commander le réseau hydrographique antérieurement au dernier affaissement des *Lowlands* (1). En plus d'un point d'ailleurs, le terrain des montagnes

(1) Hahn, *op. cit.*

disparaît entièrement sous les bruyères et les herbes qui garnissent le manteau glaciaire répandu sur le pays.

C'est dans les *Hébrides* que le terrain archéen de l'Écosse, autrefois bien plus étendu vers le nord-ouest, s'est le mieux conservé. Là s'observe le *gneiss* dit *fondamental,* sur lequel le grès précambrien de Torridon est venu s'appliquer de l'autre côté du détroit de Minch. Ces îles, dont les cimes culminantes sont toutes collées contre le bord atlantique, ont des rivages découpés, mais avec alignements dominants. Leur intérieur est plat et porte des lacs ou des marécages. Leur aspect, très analogue à celui des îles Lofoten, est essentiellement scandinave. C'est le bord, relevé vers l'ouest, d'une bande en partie effondrée au devant de la côte des Highlands. La profondeur très irrégulière du Minch, où se trouve une fosse de 278 mètres, justifie cette hypothèse. Là encore, il y a influence combinée des dislocations et de l'érosion marine, cette dernière agissant sur une terre déjà démembrée.

Les *Orcades* sont les restes très déchiquetés d'un massif de vieux grès rouge, qui se reliait autrefois à celui de Caithness, s'appuyant au nord-ouest contre un noyau archéen aujourd'hui disparu. Comme toutes les terres écossaises, les Orcades sont plus hautes à l'ouest qu'à l'est, et se montrent accidentées de menus lacs glaciaires. Déchirées par une foule de petits *fjords* et de *sunds*, ne laissant voir absolument aucun dessin dans leurs contours, elles mettent surtout en évidence l'action des vagues, qui découpe le grès rouge en falaises et parfois en aiguilles, où s'accusent à la fois la stratification presque horizontale du grès et sa division par des fissures verticales.

Les *Shetland* diffèrent beaucoup des Orcades. Autant les contours de ces dernières sont capricieux, autant ceux des Shetland sont réguliers dans l'ensemble, laissant prédominer une direction presque nord-sud, qui fait de la plus grande partie de ces îles d'étroites arêtes rectilignes. Les falaises sont exceptionnellement abruptes, plongeant

du pied dans une eau profonde ; et, dans la petite île de Foul, qui est comme le poste avancé du groupe, elles sont coupées à pic sur une hauteur de 300 mètres. La tourbe domine dans l'intérieur, où des surfaces moutonnées se montrent à une grande hauteur, et la nature y est essentiellement septentrionale, comme aussi la population, d'origine franchement scandinave.

On sent, rien qu'au dessin, que ce groupe d'îles ne doit pas appartenir à la même formation que les Orcades ; et en effet, si un peu de vieux grès rouge dévonien s'y montre dans la partie orientale, tout le reste est constitué de schistes anciens fortement comprimés, débris des racines de la chaîne calédonienne qui se poursuivait de l'Écosse au cap Nord. Dans ce massif de très ancienne consolidation, l'écroulement atlantique a produit des cassures franches, qui expliquent l'allure rectiligne des rivages.

L'ANGLETERRE.

C'est à l'Angleterre proprement dite qu'est exclusivement réservé le contraste de la région occidentale, montueuse et de sol ancien, avec les plaines tournées vers l'orient, et presque exclusivement tributaires de la mer du Nord.

Trois unités doivent être distinguées dans le massif primaire de l'ouest : 1° Le *District des Lacs,* surtout silurien, appartenant à la fois au Cumberland et au Westmoreland, et que borde à l'est la chaîne Pennine, avec ses larges affleurements de carboniférien inférieur, et son ruban de terrain houiller qui s'étend de Newcastle au Derbyshire ; 2° le *Pays de Galles,* principalement précambrien et silurien, avec la bande de même âge du Shropshire, et le terrain houiller du Midland et de Cardiff ; 3° le pays de la *Cornouaille,* où le granite occupe une

grande place, au milieu d'un fond de schistes surtout dévoniens.

Le *District des Lacs*, séparé de l'Écosse par la profonde coupure du Firth de Solvay, est un massif montagneux ancien, dont la principale cime, le Scafell, approche de 1000 mètres, et que l'érosion, complétant l'œuvre des dislocations, a depuis longtemps divisé en lambeaux. Son trait principal est une ligne de dépression centrale, alignée au nord-nord-ouest, et sur laquelle se succèdent, en un double sillon : à gauche et au nord, les lacs Bassenthwaite, Derwentwater, la vallée de Borrowdale et ses prolongements ; à droite et au sud, le Thirlmere et, au delà d'un seuil qui n'a que 240 mètres d'altitude, le Grasmere et le long Windermere. D'ailleurs, les vallées transversales du grand et du petit Langdale accusent, au cœur même du massif, une dislocation à peu près perpendiculaire à la première.

Les lacs, bien connus maintenant depuis la description si précise que vient d'en donner M. H. R. Mill (1), sont tous remarquablement allongés, et du même type que les *lochs* d'Écosse. Ce sont essentiellement des lacs de vallées de fracture, aux flancs raides, où la partie sous-lacustre est souvent le prolongement exact du versant émergé, et parfois même affecte une pente plus forte, jusqu'à son raccordement avec un fond plat. A l'exception d'un seul, dont le niveau est à 211 mètres au-dessus de la mer, tous les lacs ont des altitudes faibles, comprises entre 40 et 145 mètres. Leurs plus grandes profondeurs variant de 21 à 79 mètres, il en est trois dont le fond descend plus bas que la surface de l'océan, notamment le Windermere, le plus extérieur de tous, dont la fosse d'amont a son maximum de profondeur à la cote — 30. Nulle part les eaux ne sont retenues à l'aval par des barrages morainiques, et le profil en long de la partie

(1) GEOGRAPHICAL JOURNAL, Londres, juillet et août 1895.

sous-lacustre fait ressortir des fosses indépendantes, exactement comme dans les fjords.

En somme, la seule différence qu'il y ait entre ces lacs et les lochs d'Écosse, c'est qu'un climat plus doux a chassé les glaciers du Cumberland plus tôt que des Highlands. L'œuvre du comblement des dépressions et de l'adoucissement des pentes y est donc plus avancée, et c'est ainsi qu'ont déjà disparu sous les alluvions les anciens lacs d'Ennerdale, de Borrowdale, de Langdale, etc. C'est ainsi également que s'est opérée la séparation du Derwentwater et du Bassenthwaite, grâce à l'apport continuel des rivières affluentes, pendant que presque partout les versants perdaient leur raideur originelle et que des deltas fluviaux diminuaient l'ampleur des lacs.

Ce travail a atténué la sévérité primitive de la région, et avec l'aide de la riche végétation entretenue par le climat, le District des Lacs a conquis le charme particulier qu'on s'accorde à lui reconnaître. Mais l'origine première des cavités lacustres est la même qu'en Écosse, et doit être avant tout cherchée dans la dislocation d'un massif ancien, sculpté par les eaux courantes et ultérieurement envahi par les glaciers. A l'époque où le comblement des lacs n'avait pas encore commencé, la réunion en une nappe de Thirlmere, Grasmere, Rydalwater, Langdale, Coniston, Esthwaite et Windermere, devait engendrer quelque chose de très analogue au lac suisse des Quatre-Cantons.

Le relief de la région résulte à la fois des cassures qui l'ont morcelée, des différences de résistance à l'érosion offertes par les sédiments primaires, mélangés en ce pays de nappes éruptives et de tufs, enfin de l'action glaciaire. A cette dernière doivent être attribués la plupart des *tarns* ou petits lacs sans profondeur, retenus d'ordinaire par des accumulations morainiques, et presque tous envahis par la tourbe, dont la croissance est favorisée par l'extrême humidité du climat.

M. Mill a fait remarquer que la disposition des vallées du massif est essentiellement rayonnante. Cela donne à penser que le réseau hydrographique pourrait être l'héritage d'un très ancien passé, remontant à l'époque où les cimes, aujourd'hui bien isolées, du Scafell, de l'Helvellyn et du Fairfield, auraient fait partie d'un même dôme, plus tard démantelé par dislocation et érosion.

Sur le flanc oriental du District des Lacs, et à titre de dépendance du massif ancien de l'ouest de l'Angleterre, s'étend la *Chaîne Pennine,* où les formations carbonifériennes redressées engendrent un territoire montagneux (d'où le nom de *mountain limestone* ou *calcaire de montagne* originairement donné au calcaire carbonifère). Ce territoire, bien plus élevé dans l'origine, a réussi à garder encore un relief notable. Il s'étend jusqu'aux monts Cheviots du Northumberland, et les roches tendres du terrain houiller, qui viennent s'y superposer dès Newcastle, adoucissent la topographie de son bord extérieur.

Le *Pays de Galles* offre une constitution très analogue à celle du Cumberland. Plus encore que dans ce dernier district, les influences atmosphériques et glaciaires y ont adouci une topographie qui devait être assez heurtée, et dont les traits, bien indiqués par l'alignement de diverses hauteurs, surtout par la direction du promontoire de Caernarvon, concordent absolument avec ceux des Highlands. Les fjords et les lacs ont été comblés, et ne font plus aujourd'hui que des vallées sinueuses au fond très plat.

Mais l'état de dislocation du terrain a moins contribué à déterminer son relief actuel que la très grande variété des roches qui s'y rencontrent. Aux époques anciennes, le Pays de Galles a été un centre remarquable d'activité éruptive. Les tufs et les laves avaient édifié d'énormes massifs, dont quelques-uns subsistent encore, en partie, à l'état de cimes culminantes, tels que le Cader Idris et le Snowdon (1094 mètres). La résistance offerte par des

laves d'âge silurien a déterminé la direction et la forme de plusieurs vallées, en faisant naître, notamment aux environs de Tremadoc, des paysages très semblables à ceux qu'on peut observer dans les districts volcaniques modernes.

D'ailleurs, si le relief de cette région fort ancienne est encore aussi accentué, c'est qu'il a été rajeuni par le mouvement de bascule qui a dû, lors de la formation de l'Atlantique, relever toutes les terres britanniques vers l'ouest.

Le promontoire de la *Cornouaille* est beaucoup moins varié comme composition que le Pays de Galles; aussi offre-t-il une surface bien plus uniforme, et très analogue à celle de la Bretagne française; d'autant plus que le granite y est abondant. De plus, recevant le premier choc des vagues atlantiques poussées par les vents d'ouest, il est remarquablement découpé par l'érosion marine, surtout aux abords du cap Lizard. En avant du Land's End, les îles Scilly donnent une idée de l'extension que devait avoir autrefois vers l'ouest ce massif aujourd'hui si réduit.

Une protubérance, s'élevant jusqu'à près de 600 mètres, le domine à l'est : c'est le noyau granitique de Dartmoor, masse injectée à travers les schistes primaires. La séparation entre ce territoire et la Cornouaille est très nette, grâce à la vallée rectiligne du Tamer qui, naissant presque à la pointe de Hartland, sur le canal de Bristol, vient aboutir à Plymouth, accusant bien l'absence de toute arête orographique longitudinale dans le promontoire qu'elle traverse.

La *Région anglaise orientale* se détache d'autant mieux, comme topographie, de la bande des terrains primaires, que la jonction des deux territoires se fait par un ruban de roches facilement altérables, appartenant aux systèmes permien et triasique. L'affleurement de ces roches, grès et marnes généralement rougeâtres (d'où le nom de *new red sandstone* ou *nouveau grès rouge,* par opposition au

vieux grès rouge dévonien), se traduit par une zone de terres basses.

Au delà de cette bande, où se sont établis la Severn, la Mersey et le cours supérieur du Trent, les divers étages secondaires plongent avec régularité les uns sous les autres, de sorte que leurs affleurements se succèdent en bandes parallèles, en même temps que les différences de dureté font naître une structure en gradins. Aux zones plates, engendrées par l'apparition des couches faiblement résistantes, succèdent des escarpements, au front tourné vers l'ouest, où se montre la tranche des assises dures. Ces dernières sont surtout constituées par les calcaires oolithiques du système jurassique et par la craie blanche.

A partir des crêtes des escarpements s'étendent, descendant doucement vers la mer et appuyées sur la plate-forme résistante, des plaines remarquablement uniformes, qui se poursuivent, les unes à travers les comtés d'York, de Lincoln, d'Oxford, les autres dans le Surrey et le Kent. Cet ensemble est accidenté, à l'est, par les deux dépressions de l'Humber et du Wash, en même temps qu'au sud son allure est un peu troublée par le dôme wealdien, dont il sera question plus loin. Enfin, jusqu'à une ligne qui, de la pointe sud-ouest du Pays de Galles, remonte à Birmingham pour redescendre jusqu'à la limite des pays de Suffolk et d'Essex, les traces du passage des anciens glaciers sont visibles à la surface, sous la forme de l'*argile à blocaux (boulder-clay)*, d'autant plus épaisse et mieux caractérisée qu'on remonte davantage au nord-ouest.

Pour l'intelligence du réseau hydrographique de l'Angleterre orientale, il convient de se souvenir que le pays, dont l'histoire géologique est très simple à dater de la fin de l'ère primaire, a dû traverser au moins trois cycles d'érosion bien marqués (1).

(1) Voir Davis, *The Development of English Rivers*, GEOGRAPHICAL JOURNAL, 1895, p. 127.

D'abord, après les temps carboniférien, toute la Grande-Bretagne, ou à peu près, était émergée, et il s'y dressait des montagnes importantes, dont la chaîne Pennine est un reste. Une assez longue érosion les fit disparaître en grande partie, avant que la mer s'avançât de nouveau jusqu'à la lisière actuelle du massif primaire. Cette transgression marine a d'abord été lente et indécise, ne donnant lieu qu'à des lagunes saumâtres ; mais elle est devenue franche après le trias, et depuis lors le régime marin a persisté, sans jamais perdre d'ailleurs le caractère sublittoral, jusqu'à la fin des temps jurassiques. Alors la contrée a traversé une nouvelle phase d'émersion. La mer n'y subsistait plus qu'au nord, sur un coin du comté d'York. Un fleuve important, né dans les montagnes de l'ouest et suivant à peu près la direction de la Tamise, venait jeter dans la mer septentrionale, entre le Sussex et le Kent, des sédiments d'estuaire, ainsi que des débris de grands reptiles terrestres.

Avec l'inauguration de la série crétacée supérieure, une nouvelle transgression marine s'est manifestée, et la mer de la craie a réussi à s'avancer, au nord pour le moins jusqu'au Wash, au sud-ouest jusque tout près du dôme granitique de Dartmoor. Après la craie a commencé un mouvement de régression, qui a localisé les dépôts tertiaires, plutôt saumâtres que marins, dans deux sillons, le premier vers l'embouchure de la Tamise, le second dans le bassin du Hampshire. Puis, tandis que la mer oligocène envahissait plusieurs régions de l'Europe, elle respectait l'Angleterre, où depuis lors il n'y a guère eu qu'une tentative de submersion très partielle, se traduisant par l'adjonction d'un mince ruban pliocène au littoral du Norfolk et du Suffolk, ainsi que par quelques retours marins sur le bord de la Manche.

Les rivières, qui avaient dû s'établir pendant le cycle post-primaire, ont donc vu leur cours inférieur envahi par la mer lors de l'époque jurassique, après laquelle elles

se sont allongées de nouveau dans la même direction, pour subir encore un raccourcissement avec les temps crétacés, puis un nouvel allongement quand la mer s'est retirée. Dans chaque période d'extension des lits, des affluents ont dû se développer, perpendiculairement au tronc principal, en suivant les affleurements des assises peu résistantes, c'est-à-dire du nord au sud ; et l'activité de ces affluents, variable selon les vicissitudes du tronc qui les recevait, a entraîné tous les phénomènes de capture habituels en pareil cas.

Ainsi l'Humber, qui d'abord venait d'Halifax en suivant le cours actuel de l'Ouse, a vu s'établir, sur l'affleurement des argiles liasiques qu'il traversait, deux tributaires, l'un, le Derwent, qui a réussi à pousser sa tête au nord presque jusqu'au rivage actuel, près de Whitby ; l'autre, le Trent, d'autant plus important qu'il a su capturer la tête d'un tronc plus méridional qui, dans l'origine, débouchait au Wash par la Witham. De là l'importance prise, mais aujourd'hui localisée sur un petit parcours, par l'émissaire définitif.

De cette façon, bien que le drainage de la contrée ait toujours été déterminé par un appel venant de l'est, les cours d'eau coulant de l'ouest à l'est, souvent gênés par le recul de leurs embouchures, sont aujourd'hui dépassés en importance par ceux qui coulent suivant l'affleurement des bandes successives. La seule exception notable est formée par la Tamise ; et cela parce que la rivière a son cours défini par le fond d'un pli concave très net, dans lequel était venu se loger le bassin tertiaire de Londres. Encore le vrai cours de la Tamise, en amont de Reading, doit-il être cherché dans son tributaire, la Kennet. De Reading à Oxford, le fleuve a emprunté un affluent, et, au delà de la dernière de ces villes, il compose son cours supérieur avec la tête d'un ancien cours d'eau ouest-est, aujourd'hui brisé en plusieurs tronçons isolés (1).

(1) Davis, *loc. cit.*

C'est par l'escarpement des calcaires oolithiques, qui se poursuit vers le nord-nord-est, en faisant face à l'ouest, que le bassin de la Severn est séparé de celui de la Tamise. Or, cet escarpement, sous l'effort de l'érosion, n'a cessé de reculer vers l'est, ce qui a constamment accru le domaine du fleuve aboutissant au canal de Bristol. De la sorte, la Tamise a perdu autant de terrain, vers sa source, qu'elle en perdait dans la direction opposée par l'érosion marine qui élargissait sans cesse son estuaire (1), et l'Avon, poussant ses affluents vers l'escarpement en voie de recul, a dû capturer ainsi l'ancienne tête de la Kennet.

Ce rapide aperçu ne saurait avoir la prétention d'épuiser, même en se tenant aux traits les plus généraux, l'histoire des cours d'eau anglais. En effet, les dernières phases de cette évolution hydrographique ont dû être traversées par plusieurs vicissitudes, au nombre desquelles il faut sans doute noter une émersion momentanée du lit de la mer du Nord.

En effet, à un certain moment de l'époque pleistocène, l'Angleterre était en libre communication avec le continent, non seulement parce que l'isthme calaisien n'était pas rompu, mais aussi parce que le niveau des terres septentrionales s'était un peu relevé. M. Jukes Browne (2) a fait remarquer qu'un soulèvement de moins de 74 mètres, qui unirait le nord de l'Irlande à l'Écosse, transformerait du même coup la mer du Nord en une plaine, dont le rivage irait du sud de l'Écosse à la pointe du Jutland, et où le Rhin trouverait son embouchure vers la latitude de Newcastle, après avoir reçu le tribut de toutes les rivières anglaises.

L'idée de cette émersion n'est pas une hypothèse gratuite ; car bien au large de Newcastle, au milieu de la mer du Nord, s'étend le banc sous-marin dit *Dogger*, où

(1) Hahn, *Kirchoff's Länderkunde.*
(2) *The Building of the British Isles*, p. 402.

la profondeur d'eau, partout inférieure à 40 mètres, et en moyenne de 25, s'abaisse parfois à 13. La drague en a rapporté par centaines des ossements de mammouth, de rhinocéros laineux, de renne, etc., qui semblent bien prouver que cette plate-forme était émergée au milieu des temps pleistocènes. De plus, en avant de la côte orientale d'Écosse, s'étend, par quarante brasses de profondeur, le banc dit *Les Longs Quarante*, dont le fond est surtout de gravier et de coquilles brisées. Or, au nombre de ces dernières sont *Purpura lapillus* et *Littorina rudis*, espèces qui ne vivent que dans la zone du balancement des marées (1).

Ainsi, à une époque relativement très récente, le lit des fleuves anglais a pu se trouver démesurément allongé, et tous sont aujourd'hui dans la condition de cours d'eau *tronqués*.

DÔME WEALDIEN ET ACCIDENTS CONNEXES.

Il nous reste à parler d'un accident fort remarquable qui, dans le sud-est de l'Angleterre, fait naître, au milieu de plaines à fond de craie, une large dépression verdoyante et bien arrosée, au sol d'argile et de sable, encadrée entre deux lignes d'escarpements crayeux. Ces escarpements sont les *North Downs*, tranchés par la mer à Folkestone, et les *South Downs*, qui aboutissent au cap Beachy Head. De l'un à l'autre s'étend le *Weald*, dôme de sédiments infracrétacés qui, vers la fin des temps tertiaires, ont été poussés à travers leur couverture de craie.

Cependant les petits fleuves du sud de l'Angleterre, Itching, Arun, Ouse, au lieu de couler parallèlement au bourrelet des South Downs, le traversent à angle droit et ont leurs sources dans les sables argileux du Weald. Il en

(1) Jukes Browne, *loc. cit.*

est de même, relativement aux North Downs, du Greater Stour, de la Medway et du Darent.

C'est la preuve que ces cours d'eau ont dû prendre naissance, dès l'origine du bombement, par divergence à partir d'une ligne de faîte, qui envoyait les uns au sud, les autres au nord. Bientôt l'axe de la voûte s'est crevé, l'exhaussement faisant des progrès, et l'érosion, élargissant la crevasse, a peu à peu éloigné l'une de l'autre ses deux lèvres, dont l'ensemble dessine aujourd'hui une véritable boutonnière, se refermant à l'ouest vers Peterfield. Ce recul progressif n'a rien changé à la direction des rivières, qui se sont contentées de faire descendre leurs lits en créant des échancrures dans les escarpements des *downs*. L'œuvre de descente à travers ces derniers devait leur être facilitée, au fur et à mesure, par la mise à découvert, au centre du dôme, de terrains imperméables, qui leur assuraient une plus abondante alimentation.

Cependant, vers la fin, quelques branches affluentes ont pris naissance parallèlement à la direction même du bombement, en suivant les affleurements qui s'échelonnaient le long des lèvres de la boutonnière ; ainsi les deux cours d'eau, opposés bout à bout, qui se réunissent à Ashford pour former le Greater Stour ; ainsi encore les affluents supérieurs de la Medway entre Tunbridge, Tundbridge Wells et Reigate.

La boutonnière wealdienne ne se referme pas à l'est. Elle est tranchée net par la côte de la Manche, et c'est en France, dans le Boulonnais, qu'il en faut chercher la terminaison. Les escarpements crayeux qui la limitent, façonnés d'abord par les grandes pluies quaternaires, ont vu ensuite leurs versants s'adoucir peu à peu, pour prendre le profil arrondi et convexe qui caractérise les *downs*.

Le dôme du Weald n'est pas le seul accident récent du sud-est de l'Angleterre. Entre la pointe de Portland et les South Downs débouchent, depuis Poole jusqu'à Ports-

mouth, une série de cours d'eau à larges estuaires, qui tous semblent converger vers l'île de Wight, entourant au centre un district spécial, arrosé de nombreux ruisseaux, et appelé *New Forest*.

Cette convergence tient à ce qu'un bassin tertiaire, aux eaux saumâtres, et de forme elliptique allongée, a justement occupé cette place jusqu'à la fin de la période éocène, appelant ainsi les eaux vers son centre. La terminaison méridionale de ce bassin est remarquablement indiquée par une ligne étroite de hauteurs, qui s'étend de Weymouth au sud de Poole Harbour, et qui, interrompue par la mer, se retrouve en travers de l'île de Wight, où elle explique les deux protubérances extrêmes de cette île, The Needles et Culver Cliff.

C'est un véritable bourrelet, où le terrain crétacé, brusquement soulevé, détermine un plongement rapide du tertiaire sur son flanc nord, et qui témoigne d'un effort de plissement, contemporain de celui du Weald. D'ailleurs, entre ce bourrelet et les South Downs apparaît, au nord de Portsmouth, à titre de pli saillant de second ordre, une autre crête étroite, portant les forts qui défendent la rade, et où la craie a réussi à percer sa couverture tertiaire; de sorte que la position du canal de Spithead, comme de celui de Solent, est nettement déterminée par le pli concave intermédiaire entre les deux bourrelets.

Ainsi, malgré la régularité générale de ses affleurements secondaires, l'Angleterre a ressenti, dans sa partie méridionale, l'effet des mouvements orogéniques qui ont marqué le milieu de l'ère tertiaire; et les dislocations résultantes n'ont pas dû être sans influence sur l'ouverture définitive de la Manche, dont les fosses profondes s'alignent parallèlement à cette direction.

Quant au Pas de Calais proprement dit, c'est une simple tranchée, ouverte par les vagues à travers un massif dont les assises se correspondent exactement d'une

rive à l'autre, et qui, lors des premiers temps quaternaires, formait un isthme, à la faveur duquel les animaux passaient librement du continent en Angleterre.

L'IRLANDE.

L'Irlande se compose d'une plaine centrale basse, de moins de 73 mètres d'altitude, semée de lacs et de tourbières, et d'une ceinture presque continue de régions montueuses, qui cependant laisse la plaine arriver jusqu'à la mer, d'un côté entre Dublin et Dundalk, de l'autre autour de Galway.

Cette structure est fort ancienne; car la plaine centrale représente une dépression, où le terrain carboniférien était venu se loger, comme la bande des *lowlands* d'Écosse, entre deux massifs, antérieurement plissés et disloqués, de terrains résistants; celui du nord, embrassant les pays de Connaught et d'Ulster; celui du sud, ou de Munster et de Leinster. Comme d'ailleurs les roches du terrain houiller proprement dit, qui garnissaient la partie supérieure du bassin déprimé, étaient relativement tendres, l'érosion les a presque complètement fait disparaître, atteignant leur base, formée de calcaire, de grès et de schistes, que le terrain glaciaire a ultérieurement recouverts.

Le contraste est profond entre la côte occidentale d'Irlande et celle qui fait face à la Grande-Bretagne. La seconde est aussi droite que la première est découpée, Encore faut-il distinguer entre les larges échancrures, qui marquent la rencontre par l'Atlantique de la bande centrale, depuis le Shannon jusqu'à la baie de Galway, et les multiples découpures, aux flancs escarpés et aux éléments bien alignés, que présentent soit les rivages de Donegal, de Mayo et de Connemara au nord-ouest, soit ceux de Kerry et de Kork au sud-ouest. On devine que la

côte occidentale d'Irlande, plus haute en moyenne que celle de l'est, a subi, comme le littoral écossais, l'influence des dislocations atlantiques. Là aussi, il s'agit d'un territoire qui a fait la bascule en s'inclinant à l'est, de sorte que son bord extérieur, relevé et fracturé, a été découpé en fjords là où le terrain était suffisamment dur, en golfes profonds sur l'emplacement des roches tendres.

Du reste, la côte de Donegal est, par son allure comme par sa constitution géologique, la continuation directe du rivage des Highlands d'Écosse, et le pays est traversé par des *glens,* ou coupures rectilignes aussi bien caractérisées que celles de la péninsule calédonienne. Des traits analogues, sous la forme d'une série de fjords parallèles, se retrouvent sur la pointe sud-ouest de l'île, notamment à Valentia. Seulement là, comme dans le Pays de Galles, l'érosion atmosphérique a eu le temps d'atrophier en partie les structures primitives, sous l'influence du climat exceptionnellement humide qui entretient la végétation de la « verte Erin ».

D'autre part, le terrain glaciaire a recouvert la totalité de l'Irlande, si bien que, dans la dépression centrale, on voit rarement à nu les roches carboniférienne, qui dans ce cas se montrent arrondies et moutonnées. La moraine est parsemée de lacs à l'eau brune et d'étangs tourbeux. La multitude des petites flaques d'eau et des tourbières est telle, à la jonction de la plaine avec le massif de l'Ulster, qu'elle suffirait à elle seule pour faire deviner qu'il s'agit d'un dépôt glaciaire De distance en distance s'observent les *eskers,* ou traînées de graviers déposées par les torrents qui sillonnaient l'extrémité des lobes de glace. Même au sud, les barrages glaciaires ont suffi pour engendrer des nappes lacustres étendues, comme le charmant lac de Killarney.

On peut se demander comment il se fait que le Shannon, la principale rivière d'Irlande, au lieu de se jeter à l'ouest, par un pays entièrement plat, dans la baie de Galway,

s'engage au sud dans un massif montagneux, à l'entrée duquel il forme un lac allongé et sinueux, le Lough Derg, avant de trouver une issue vers le long estuaire de Limerick. De même on s'étonne de voir la rivière Barrow prendre sa source dans la dépression centrale, pour se frayer un chemin vers le sud à travers les montagnes de Leinster. Tout cela tient, sans doute, à ce que le réseau hydrographique était dessiné à une époque où la bande carboniférienne, plus haute ou moins encaissée, offrait une surface suffisamment inclinée pour déterminer le sens de l'écoulement vers le sud (1).

Deux particularités distinguent la côte orientale de l'Ulster : d'abord la saillie (plus de 700 mètres) que forme le massif des monts Mourne, constitué par un granite qui paraît être assez récent; ensuite l'aspect exceptionnel des falaises d'Antrim, où de puissantes nappes de basalte ont recouvert un lambeau de craie, complètement isolé de tout autre affleurement de même âge. C'est ce basalte qui, sur le rivage du nord, engendre, par l'affleurement de ses colonnes prismatiques, la célèbre *Chaussée des Géants*.

C'est aussi à une série de roches éruptives, mais plus anciennes, que les montagnes de Wicklow doivent leur relief.

Au point de vue de la constitution géologique comme à celui de la topographie, l'Irlande n'est rien autre chose que la continuation, vers le sud-est, du massif écossais. Le comté de Donegal prolonge directement les Highlands; la plaine centrale irlandaise fait suite à la dépression des Lowlands; enfin la bande méridionale de Munster et de Leinster reproduit divers caractères des Southern Uplands. La continuité originelle de ces divers districts primaires ne peut donc faire aucun doute.

A quel moment la jonction a-t-elle été rompue ? Ce doit être à une époque très tardive ; car en dehors du lambeau

(1) Hahn, *Länderkunde*.

crétacé d'Antrim, aucun vestige des mers secondaires ou tertiaires ne se montre, ni sur les côtes d'Irlande, ni sur les rivages occidentaux de la Grande-Bretagne. De plus, la mer qui sépare les deux îles n'a nulle part plus de 170 mètres de profondeur (110 même entre l'Irlande et l'Écosse); et toutes deux reposent sur un large socle sous-marin, embrassant les Hébrides, les Shetland, la Manche et la mer du Nord, sans que jamais, sauf une ou deux fosses exceptionnelles et très limitées, la sonde y accuse 200 mètres d'eau.

Il semble donc légitime de penser que, non seulement le morcellement du territoire britannique, mais son isolement d'avec le continent, doivent avoir été occasionnés par un ensemble de dislocations, de mouvements généraux du sol et d'érosions marines, dont l'action se serait fait sentir après les temps tertiaires.

Cette conclusion reçoit une grande force de la répartition actuelle des animaux terrestres dans ces parages.

On doit à M. Wallace (1) cette observation que, l'Allemagne possédant 90 espèces de mammifères, la Grande-Bretagne n'en compte que 40 et l'Irlande seulement 22. De même le nombre des reptiles et des amphibies, qui est de 22 en Belgique, s'abaisse à 13 dans la Grande-Bretagne et à 4 en Irlande. Ainsi la migration s'est certainement faite de l'est à l'ouest, rencontrant de plus en plus d'obstacles à mesure qu'on avance dans cette direction. Mais elle était encore facile au début des temps pléistocènes, puisque le mammouth a laissé ses débris en Irlande.

D'ailleurs la preuve qu'à la fin de l'ère tertiaire cette île devait être rattachée à l'Angleterre, c'est que les poissons des lacs irlandais se retrouvent dans la faune lacustre du Cumberland, du Westmoreland et du Lancashire (2). Cette similitude implique une communauté d'origine, qui doit

(1) *Island Life*, p. 319.
(2) Scharff, PROCEEDINGS OF THE ROYAL IRISH ACADEMY, (3), III, n° 3.

être cherchée dans un lac d'eau douce ayant occupé la place de la mer d'Irlande. Or, ainsi que l'a remarqué M. Jukes Browne (1), un exhaussement de moins de 93 mètres ferait naître un isthme entre l'Irlande et le Pays de Galles, et au nord de cet isthme subsisterait un lac allongé, dont un bras septentrional s'étendrait entre les terres écossaises de Cantyre et de Jura, tandis qu'un autre isthme relierait directement le Donegal avec la partie haute des Highlands.

Telle devait donc être la condition du pays au début de l'ère quaternaire. Lors de la dernière des invasions glacières, il est probable que l'Irlande, presque entièrement couverte par les glaces, était inabordable. Cela expliquerait suffisamment pourquoi ni le lion, ni l'ours des cavernes, ni l'hyène tachetée, ni les animaux des toundras, alors répandus en Angleterre, n'ont laissé leurs débris dans l'île-sœur. Pour la même raison, les restes de ces animaux sont absents de l'Écosse.

Le dernière extension glaciaire s'étant partout terminée par une submersion, localisée d'ailleurs dans les pays que la glace avait couverts, l'ancien lac d'Irlande a pu devenir un golfe marin, tout en restant barré au nord par un isthme calédonien, que laisserait apparaître aujourd'hui un soulèvement de moins de 74 mètres d'amplitude. Cet isthme aurait suffi pour permettre le peuplement de l'Irlande par les mammifères d'Écosse (car tous, sauf l'ours gris, sont communs aux deux pays). En revanche, les mollusques terrestres auraient été plus lents à se propager. Aussi, tandis que certaines espèces du genre *Helix* avaient pu passer du continent par l'Angleterre en Irlande, d'autres n'ont pas réussi à arriver jusque-là (2), le canal de Saint-Georges étant déjà ouvert lors de leur apparition dans le sud-est de l'Angleterre, et l'accès de l'isthme du nord étant

(1) *The Building of the British Isles*, p. 396.
(2) Scharff, *loc. cit.*

trop difficile pour eux. D'autre part, la rupture de cet isthme est évidemment postérieure à l'occupation par l'homme du sol britannique; et, si l'on admet que l'érosion marine seule en ait fait disparaître une vingtaine de mètres, cela réduit à bien peu de chose le changement de niveau qui a suffi pour en déterminer la submersion.

A. DE LAPPARENT.

CARTE DE LA CHINE.

TRIBUS INDIGÈNES DU SUD-OUEST AU XIIIe SIÈCLE P. C.

LÉGENDE.

+++++++++++++++++ Limites de l'empire.

- - - - - - - - - - Limites des provinces.

———————— Fleuves.

NOMS DES PROVINCES.

NOMS DES TRIBUS.

LES POPULATIONS DU SUD DE LA CHINE

L'ethnographie de la Chine a été, depuis plus d'un siècle, l'objet de nombreux travaux en Allemagne, en Angleterre, en France, en Russie et dans d'autres pays encore. Des voyageurs, des linguistes, des missionnaires s'en sont occupés et ont donné à ce sujet les travaux les plus variés. Cependant les idées les plus fausses règnent encore en cette matière, non seulement parmi le public lettré, mais chez les savants mêmes, et ce sont les travaux dont nous venons de parler qui les ont le plus souvent propagées.

On croit généralement, en effet, que l'empire chinois est habité par une population homogène. Des frontières de la Mandchourie, de la Mongolie à la mer, on ne connaît que des Chinois. On ne fait d'exception que pour certaines tribus habitant les pics escarpés du sud-ouest, dont les unes n'ont été soumises qu'à la fin du siècle dernier, et les autres ne sont même encore que tributaires.

Les Européens qui se font historiens de l'*Empire des Fleurs* racontent, d'après les auteurs chinois, comment les régions au sud du Yang-tze-kiang ont été conquises à la fin de l'ère ancienne, sous les dynasties guerrières des Ts'in et des Han ; comment aussi leurs populations se sont confondues avec celles des provinces septentrionales de la Chine moderne.

C'était là l'opinion générale, c'était l'erreur admise encore il y a vingt ans d'ici. L'honneur de l'avoir découverte et dévoilée revient au Mis d'Hervey de Saint-Denis, le

défunt professeur du Collège de France. Il l'avait remarquée en traduisant la partie ethnographique de la grande encyclopédie de Ma-tuan-lin (1), le célèbre érudit de l'époque des Yuens ou Mongols. Là il avait constaté ce fait bien étonnant, et jusque-là inaperçu, que les annalistes chinois avaient, avec une habileté sans pareille, dissimulé la véritable nature des rapports qui unissaient l'empire chinois avec les tribus habitant les pays qui forment aujourd'hui les provinces méridionales de la Chine. Avec cet art propre aux Orientaux, ces annalistes représentaient des princes indépendants comme des sujets de leur souverain.

« De l'est à l'ouest de la Chine, à quelques centaines de lieues au-dessus du Kiang et des frontières du Sze-tchuen, disait le sinologue français, des fonctionnaires chinois gouvernent des populations à peine soumises. Au-dessous de ces limites, des populations entières restent debout, régies par leurs souverains héréditaires, suivant leurs propres lois. L'empereur décore de titres chinois ces princes indigènes; il nomme préfets les officiers barbares préposés par leurs maîtres à la garde de ces places. Le payement plus ou moins régulier d'un tribut et l'acceptation d'un sceau officiel suffisent pour consacrer ces annexions illusoires. En réalité, ces populations restent indépendantes, et l'empire était moins grand presque de moitié au XIIIe siècle qu'aujourd'hui. »

Ces paroles du Mis de Saint-Denis sont d'une exactitude parfaite. On est habitué à ne voir en Chine que des Chinois, et à croire qu'à une époque très reculée les races, les mœurs et les langues étaient identifiées. Il n'en est absolument rien. La race chinoise proprement dite n'a guère pris l'extension qu'on lui attribue.

Venue probablement du centre de l'Asie, elle s'établit

(1) Ma-tuan-lin, fils d'un haut fonctionnaire des derniers empereurs de la dynastie Song, vit la conquête de la Chine par les Mongols. Pendant ces guerres désastreuses, il vécut dans la retraite et l'étude, et compila une encyclopédie en 328 livres qui fait encore l'admiration des lettrés de son pays.

au XXIIIe siècle sur les bords du Hoang-ho, poussant devant elle les tribus qui l'avaient précédée sur ces rivages, et se les incorporant soit par la violence, soit par la persuasion. C'est un fait localement unique, mais fréquent dans les Annales chinoises, que des peuplades barbares, vivant dans le trouble et l'oppression, ou conscientes de leur infériorité sociale, se donnèrent à l'empire chinois pour jouir de son gouvernement paternel et de sa civilisation.

Nous ne connaissons du reste cette histoire que par certains détails qu'il serait trop long et sans utilité de reproduire ici. Tout ce qu'il nous importe maintenant de savoir, c'est qu'au deuxième siècle avant notre ère, la race chinoise ne s'était étendue au midi du Fleuve-Jaune que jusqu'au 33e degré de latitude, c'est-à-dire à la moitié de la distance qui sépare ce fleuve du Yang-tze-kiang. Encore le terrain qu'elle occupait ne lui appartenait-il pas tout entier. Une grande partie du Shan-tong et certaines enclaves étaient encore sous la puissance de tribus barbares.

Au delà du 33e degré s'etendaient deux états barbares : celui de *Ts'ou* au centre et celui de *Wou* à l'est, le long de la mer; et au-dessous de ce dernier en venait un troisième, portant le nom de *Yue*, lequel comme les deux précédents était peuplé par des tribus aborigènes.

Il est vrai que ces trois états, Wou, Ts'ou et Yue, faisaient, aux derniers temps, partie de la confédération des princes chinois, et que leurs rois prenaient part aux assemblées des grands vassaux de l'empire ; mais ils n'étaient point Chinois eux-mêmes, et de plus ils se reconnaissaient comme barbares ou étrangers à la race immigrante, désignée alors par le nom de Hia.

« Nous ne sommes point des Hia mais des Man (1), »

(1) *Man* est le nom que les Chinois donnaient à toutes les populations aborigènes du midi, parmi lesquelles ils distinguaient de nombreuses tribus différentes.

disait l'ambassadeur de Yue au dernier roi de Wou dont il venait de détruire la puissance. « Nos premiers ancêtres avaient la forme humaine, mais les mœurs barbares (1). »

Le royaume de Wou comprenait les parties du Gan-hoei et du Kiang-sou situées au sud du Fleuve-Bleu, et la plus grande partie du Tze-kiang. Celui de Yue occupait le reste de cette dernière province et presque tout le Fo-kien. L'État de Ts'ou s'étendait à l'ouest des deux précédents, le long du Kiang, mais on ignore quelles étaient exactement ses limites au midi et à l'ouest. Au delà de ces bornes et dans les deux sens, tout était barbarie et régions inconnues.

On ignore quel nom portaient les premières tribus qui fondèrent l'empire chinois au XXIVe siècle A. C. Quelques ethnologues avaient cru le retrouver dans une expression qui figure au Shou-king ; tout fiers de leur découverte, ils avaient appelé ces tribus des Baks, et le terme *Baktribes* ou tribus baks était devenu pour eux le nom vainement cherché jusqu'alors. Ces savants ne s'étaient point laissé arrêter par l'opinion traditionnelle et universelle qui donnait à ces mots le sens de *cent gentes* (pour : *toutes les gentes*) (2); ils restaient attachés à leur invention. Mais, comme je l'ai démontré, cette innovation était des plus malheureuses : c'était « le Pirée pris pour un homme », et le nom de *Bak* a dû être rendu à sa vraie signification de *cent* ou de *tous*, exprimant la généralité.

C'est seulement au VIe siècle que nous trouvons un nom donné au peuple ou à l'empire chinois : c'est celui de *Hia* que nous avons cité plus haut. Ce mot signifie également « été, chaleur, beauté variée, développement ». Les Chinois semblent avoir voulu distinguer par ce nom leur

(1) Voir les Mémoires historiques dits *Koue Yu* ou *Discours des royaumes*, livre dernier, t. II de ma traduction.

(2) Les Chinois emploient les mots cent, mille, dix mille, pour indiquer l'universalité.

pays florissant par sa civilisation, des contrées barbares nues et sans beauté.

D'où venaient ces tribus qui avaient précédé les Chinois sur les rives des grands fleuves de l'Extrême-Orient ? A quelle race appartenaient-ils ? C'est que l'on ne sait point et ce que l'on ne saurait deviner. Tout ce qu'on peut dire, c'est qu'elles se rattachent à la race jaune prise dans toute son extension, dont elles forment une branche à part, et qu'elles ont encore comme sœurs certaines tribus que l'on rencontre éparses dans le nord de l'Indo-Chine et même au centre de la grande presqu'île. Des peuplades des Philippines semblent aussi s'y rattacher (1). On a bien conservé quelques débris de leurs langues ; mais ce ne sont que des mots isolés, qui ne permettent pas de reconstruire pour elles un arbre généalogique.

Bien qu'ayant établi leur domination entre les deux rives du Hoang-ho, les premiers Chinois n'y étaient pas les seuls possesseurs du sol. Bon nombre de tribus primitives y étaient restées, les unes entièrement soumises, les autres vassales ou indépendantes. Grâce à l'habile politique des souverains de Hia, ces tribus se fondirent peu à peu dans celles des nouveaux arrivés, et toute distinction s'effaça complètement.

Au XIe siècle avant J.-C., grâce à la politique suivie par la dynastie des Tchéous (1122-255), la Chine se divisa en une foule de principautés féodales dont les chefs finirent par s'affranchir entièrement du pouvoir royal ne lui reconnaissant plus guère qu'une suzeraineté d'honneur. Il y eut alors une époque de guerres continuelles, qui firent tomber successivement tous les états sous le joug des trois ou quatre plus puissants d'entre eux, et finalement sous le pouvoir unique du prince de Ts'in qui, devenu maître unique du pays, reprit le titre d'empereur *(Ti)*,

(1) Du moins certains dialectes de ces îles se rapprochent des langues préchinoises, pour autant qu'on peut juger par les débris qui nous en restent.

abandonné, par modestie, par la dynastie des Tchéous (1).

Le nouveau souverain étendit sa domination ou suzeraineté sur les trois états barbares méridionaux Ts'ou, Wou (2) et Yue, jusqu'aux limites extérieures du Fo-kien et du Kuang-tong.

En 206, la dynastie Ts'in fut elle-même renversée par la coalition des mécontents, et le premier des Han s'établit à sa place. Pendant les guerres qui amenèrent cette substitution, le Yue, c'est-à-dire le Kuang-tong et le Fo-kien, recouvrèrent leur indépendance.

L'empereur Wou-ti des Han lança contre eux des armées nombreuses qui brisèrent les efforts des peuples soulevés. S'il faut en croire les Annales officielles, la soumission fut complète et la dépendance absolue; mais si l'on scrute soigneusement les termes, on voit aisément que nous sommes encore ici en face d'une vanterie des auteurs chinois. En réalité, Wou-ti partagea le Kuang-tong entre différents princes indigènes, tels que *Kiü-ko*, roi de Yue, *Ngao*, prince de Kien-tching, *Wou-kiang*, de Yue, *To-kiun* et *Tso-hoang-tsong*, généraux de Yue créés princes de Wou-ki et de Hia-fou. Pour mieux donner le change, Wou-ti imposa de nouveaux noms aux principautés remises entre les mains des trois premiers, se donnant ainsi l'air d'en avoir fait des provinces de l'empire. Ces fiefs s'étendaient même fort au nord, car celui de Ngao était au Lin-hoai, c'est-à-dire au Kiang-nan. Quant au Fo-kien oriental, Wou-ti en transporta les habitants au delà du Kiang, et le pays devint un vrai désert.

Dans la suite des temps, ces contrées s'assimilèrent petit à petit aux pays chinois ; les Chinois s'y infiltrèrent par des établissements militaires, des colonies agricoles ou commerciales, suivant la coutume qui leur avait si bien

(1) Le premier souverain de la dynastie Tchéou, le célèbre Wou-Wang, renonça par humilité au titre impérial *Ti* et ne prit que celui de « roi », *Wang*.

(2) Déjà conquis par Yue.

réussi ailleurs, et l'on ne sut plus distinguer les races qui en composent la population.

Aussi ce n'est point d'elles que nous comptons entretenir nos lecteurs. Les renseignements que nous possédons sur ce qui concerne leur état originaire sont trop exigus pour valoir la peine d'un exposé spécial Nous nous arrêterons exclusivement aux tribus qui habitent l'ouest et le sud-ouest de la Chine et quelques régions du centre, dont l'histoire nous est bien connue, et dont les mœurs, à l'époque de leur indépendance et de leur existence individuelle, nous ont été décrites avec assez de détails pour exciter l'intérêt et servir la science.

Ces détails nous sont fournis, comme on l'a vu plus haut, par Ma-tuan-lin, avec une abondance de renseignements qui ne nous laisse que l'embarras du choix, car ils remplissent un gros volume.

Pour que les lecteurs de la *Revue des questions scientifiques* se forment facilement une idée d'ensemble de cette ethnographie, nous donnerons d'abord un tableau général des tribus qui, au XIIIe siècle de notre ère, occupaient encore en maîtresses les provinces actuelles, le Sze-tchuen, une partie du Hou-pe, le midi du Hou-nan, le Kiang-si, le Tche-kiang avec le Yun-nan et les régions méridionales ; puis nous y ajouterons les particularités remarquables de leurs mœurs, de leurs usages, de leurs lois, de leur caractère. Nous nous arrêtons à l'époque indiquée, parce que la conquête mongole qui suivit mit un terme à leur existence séparée sans les détruire, et que, depuis cet événement, nous ne possédons plus que des renseignements épars et si peu nombreux qu'ils ne présenteraient aucun intérêt sérieux. Quant à leur état présent, les relations des missionnaires nous en ont instruits suffisamment. Tout se réduit le plus souvent à des coutumes locales, avec leurs variétés ordinaires, parmi les mœurs générales de

l'empire. Quelques peuplades font exception ; nous en parlerons à la fin de cette étude.

Mais avant d'aborder notre sujet principal, nous devons à nos lecteurs une explication de ce fait, unique dans l'histoire, d'une erreur, prolongée pendant des siècles historiques, sur l'étendue et la puissance d'un grand état. Cette explication est des plus simples : la voici en quelques mots.

Lorsque l'empire chinois était entré en contact avec l'une de ces peuplades préchinoises, si c'était par la guerre, et si l'expédition avait été heureuse du côté des empereurs, pas assez toutefois pour leur permettre d'exiger une soumission complète, le souverain relativement vainqueur construisait quelque citadelle, y plaçait une garnison et un gouverneur chargé de surveiller les agissements des peuplades vaincues, et déclarait la contrée formée en district chinois portant tel nom qu'il lui donnait. Des lors le pays était censé faire partie de l'empire et était cité comme tel, bien qu'en réalité, en dehors de l'enceinte des forteresses, l'autorité chinoise fût sans aucun pouvoir.

Parfois aussi on se contentait d'une reconnaissance de vasselage, dont toute la charge consistait en un tribut ou une série de dons envoyés annuellement à la cour impériale. Il en était naturellement ainsi quand une tribu avait demandé la protection de l'empire contre des voisins ambitieux ou déprédateurs.

En ces divers cas, les chefs de ces peuplades recevaient des titres chinois, et leurs pays étaient censés incorporés à l'empire, bien qu'il n'en fût rien en réalité. Dès lors les historiens chinois parlaient de ces tribus comme si elles eussent été les sujettes de leur souverain.

Les colonies chinoises infiltrées dans les pays barbares furent souvent aussi cause qu'on prit le change sur la situation politique de ces états. Les rapports des colons à leur gouvernement firent croire maintes fois, comme le disait M. de Lacouperie, à l'extension de la domination

chinoise sur de vastes étendues de territoire sur lesquelles elle n'avait aucune puissance (1). D'autres, pour satisfaire l'orgueilleuse ambition du Fils du Ciel, simulaient une apparence de soumission et reconnaissaient plus ou moins sincèrement sa souveraineté.

Du reste, doit-on s'étonner de ces procédés orientaux ? Ne sait-on pas comment l'empereur birman annonça à ses sujets les cessions de territoire faites aux Anglais : « Il était arrivé sur la côte de la Birmanie, disait-il, de malheureux étrangers, affamés, dénués de tout. En son impériale clémence, l'empereur avait daigné leur concéder des terres, sur les côtes de la mer, pour s'y établir et y chercher des moyens d'existence. »

Mais en voilà plus qu'il n'en faut pour éclairer nos lecteurs sur la nature du phénomène dont nous allons voir les conséquences. Nous pouvons maintenant aborder notre sujet. Malheureusement, il ne nous est pas possible d'apporter dans les exposés ethnographiques cette précision que l'on y requiert et que l'on est habitué à y trouver en toute autre circonstance. Il est impossible de délimiter exactement le territoire occupé par les diverses tribus indigènes dont nous allons parler et les établissements chinois formés au milieu d'elles. Les Chinois ne les connaissaient eux-mêmes que très imparfaitement, et se sont fréquemment trompés dans l'appréciation des directions et des étendues. En outre, ces tribus ont fréquemment changé de place, et se trouvent ainsi mentionnées parfois en tel lieu et parfois en tel autre. Souvent aussi les unes sont venues prendre la place de celles qui avaient émigré, ce qui donne parfois lieu de croire à des erreurs qui n'existent pas ou engendre des confusions regrettables. Cependant, tel que nous pouvons le dresser, ce tableau des populations de la Chine méridionale ne sera pas sans intérêt ni sans utilité.

(1) Voir T. de Lacouperie. *Les Langues de la Chine avant les Chinois*, p. 10 de l'édition française.

I.

POPULATIONS PRÉCHINOISES DU SUD-OUEST DE LA CHINE.

Ma-tuan-lin, l'illustre encyclopédiste dont nous avons parlé ci-dessus, en distingue une trentaine dont il raconte l'histoire. Quelques-unes ont trop peu d'importance pour que nous nous y arrêtions quelque peu que se soit. Le savant chinois ne leur consacre que quelques lignes. Les autres, qui jouèrent un rôle important dans les annales chinoises, sont au nombre de dix-neuf. Voici leurs noms, leur origine et leur emplacement, dans l'ordre adopté par Ma-tuan-lin.

1. Les *Pan-hous*. Ces barbares habitaient au Hou-nan actuel, dans les districts qui portent les noms de Tchang-cha, Kien-tchang et Wou-ki. *Tchang-cha* est au sud du lac Tong-ting, au nord-est du Hou-nan. *Wou-ki* (ou les Cinq-Vallées) était au département de Shin-tcheou-fou, à l'ouest de Tchang-cha et à la même hauteur. Le *Kien-tchang*, plus à l'ouest encore, s'étendait sur les deux rives du fleuve Wou, occupant une partie du Hou-nan, du Sze-tchuen et du Kuei-tcheou au nord-est. Les Pan-hous étaient donc au cœur même de la Chine.

On ignore l'origine de cette peuplade. Les géographes chinois se contentent de dire qu'ils appartenaient à la race des barbares *Man*. Le mot *Man* est écrit par un caractère chinois qui désigne une espèce de petit ver ; mais il n'y a rien à conclure de cette signification : les Chinois se sont toujours donné le malin plaisir de choisir, parmi les caractères répondant à un son qu'ils veulent écrire, celui qui paraît le plus injurieux. Ils ont encore agi de la même façon quand ils ont dû rendre en chinois les noms des peuples et des pays européens.

Les empereurs des dynasties Ts'in et Han enlevèrent

aux Pan-hous une assez grande étendue de leur territoire, que ces tribus reprirent en partie. Au IIIe siècle P. C., ils conquirent même des arrondissements au nord du Yang-tze-kiang.

Au Ve siècle, leur roi avait étendu sa domination jusqu'au Hoang-ho, et, pour obtenir protection contre l'empire chinois, son voisin immédiat, il avait reconnu la suzeraineté nominale des Tartares Wei qui occupaient le nord de la Chine.

Au VIe siècle, nous les retrouvons en plein Hou-nan.

Au VIIIe siècle, sous la dynastie Tang, ils reçurent de l'empire un accroissement de territoire avec le titre chinois de Tse-chi pour leurs princes. C'est cette pratique qui a trompé tous les historiens et les sinologues. En voyant les princes revêtus de titres chinois, on a cru à l'incorporation de leur territoire. Mais il n'en était rien ; Ma-tuan-lin nous explique la position de ces chefs de tribus d'une manière qui exclut cette hypothèse.

Le plus puissant des chefs Man, dit-il, dont le nom de famille était *Pong,* avait la possession héréditaire du Ki-tcheou divisé en trois et commandait à 17 autres districts. Il nommait les gouverneurs de 19 tchéous et gouvernait lui-même le vingtième. Il les nommait librement et sans aucune ingérence de la cour impériale. Quand l'un d'eux mourait et devait être remplacé, le prince Pong réunissait les autres chefs pour délibérer avec eux. On nommait un descendant, ou un frère, ou un parent du défunt. Seulement, quand la chose était faite, on notifiait la nomination du nouveau gouverneur au préfet chinois voisin, qui en informait l'empereur. Celui-ci faisait remettre à l'élu un brevet revêtu du sceau impérial que le titulaire recevait en se tournant vers le nord, vers le Kiang qui séparait les deux pays. Les troubles du XIe siècle et les incursions de ces barbares contraignirent l'empire chinois à des déploiements de forces extraordinaires ; ils amenèrent l'occupation momentanée de certaines parties

du territoire barbare, et l'introduction de colonies chinoises qui servirent plus tard à l'assimilation. Toutefois, en 1095, la situation devint telle que l'empereur Tchi-tsong décréta l'abandon de ces pays, qui retombèrent tellement sous la domination barbare qu'on ne s'en inquiéta plus. (Ma-tuan-lin, f° 7, l. 5.)

Hoei-tsong, successeur de Tchi-tsong, voulut reprendre la politique d'ingérence. Mais en 1123, le conseil d'état émit l'avis qu'en conférant des titres militaires et civils, en prodigant l'or et la soie, on n'avait fait qu'exciter la cupidité ; qu'en donnant des titres élevés, de larges émoluments, on avait rendu les cœurs infidèles ; qu'en débarrassant leur sol de ses broussailles, en le défrichant, en se hâtant d'y fonder des villes, on ne faisait qu'augmenter leur prospérité et leur force sans profit pour l'empire ;... que les peuples inscrits dans les registres de la population n'y constituaient que des noms vides, dont les magistrats impériaux ne retiraient aucun profit. Bref, le résultat de cette délibération fut que les Chinois abandonnèrent complètement ces régions.

On ne pouvait mieux constater l'indépendance de ces peuples prétendument soumis et incorporés à l'empire, ni la vacuité des titres chinois accordés à leurs princes. S'ils apportaient un léger tribut à la cour impériale, celle-ci en revanche leur prodigait ses trésors, et tout se résumait en un échange de procédés amicaux.

Ce n'est point tout cependant. Un rapport du gouverneur du Hou-nan de l'an 1203 nous apprend que les districts chinois de cette province touchent au territoire des barbares ; que les terres de ces derniers dépassent au nord le lac Tong-ting, du côté de l'ouest, et au midi touchent les deux Kouang. Ainsi, au XIIIe siècle, à l'époque de la conquête mongole, le centre de la Chine du côté du sud-ouest appartenait encore aux aborigènes. Il n'est pas besoin de dire que les Chinois n'avaient pu étendre leur puissance au delà de ces régions dans le sens de l'ouest et

du midi. Cela est d'autant plus certain que la répression des incursions dévastatrices se fait toujours par le nord, jamais par le sud ou même le sud-est.

2. Les *Pa* ou *Lin-kiun-tchong* (race de Lin-kiun). Leur origine est également inconnue. La tradition les fait descendre de cinq familles qui habitaient des antres au mont Tchong-li. Ces cinq familles prirent pour chef un prince de la première d'entre elles, qui vivait isolée, et l'appelèrent *Lin-kiun* ou le prince Lin, d'où le nom donné à tout l'agrégat des tribus.

Avec cette seconde peuplade nous pénétrons encore plus avant dans le cœur de l'empire chinois, car elle avait son siège principal au Hou-pe, dans l'arrondissement actuel d'I-tchang-fou, sur le Kiang, au trente et unième degré de latitude, et de là ils s'étendaient sur la région de Pa, le Tchong-khin-fou du Sze-tchuen sur le Kiang, et sur le pays de Liang ou Han, qui comprenait une partie du Chen-si jusqu'au trente-troisième degré.

Vers l'an 330 A. C., le roi de Ts'in (principauté chinoise) conquit, dit-on, la région centrale de Pa. Mais cette conquête consista en l'obligation pour le prince de Pa de fournir chaque année un certain tribut. A la fin du IIIe siècle P. C., un chef de cette peuplade conquit une partie du Chen-si et y fonda un royaume qui compta six souverains de cette dynastie. Ils prirent même le titre d'empereurs.

Ma-tuan-lin n'en dit pas davantage ; on doit en conclure que ces peuples redevinrent tributaires vers le Ve siècle de notre ère, mais qu'ils gardèrent leur individualité.

3. Les *Pan-tchun Man* ou barbares méridionaux (appelés) Pan-tchun. Ce nom de Man est tout ce que nous savons de leur origine. Ils apparaissent pour la première fois au IIIe siècle A. C., quand l'un d'eux tua un tigre blanc qui désolait le pays de Ts'in et reçut pour cet exploi du roi Tchao-siang des privilèges politiques extraordinaires. Il

semblerait que dès lors ils fussent les sujets de ce prince; mais il n'en est rien, car Ma-tuan-lin nous apprend qu'au VIIe siècle leurs chefs avaient établi leur domination entre les quatre fleuves, le Hoei, le Jou, le Kiang et le Han, c'est-à-dire dans l'ouest du Hou-pe et l'est du Sze-tchuen.

Leur puissance oppressive était très grande, dit l'encyclopédiste. Leurs grands établissements comptaient dix mille familles, et les plus petits, mille seulement. Se soutenant mutuellement, ils s'arrogeaient les titres de rois et de princes.

A partir du VIIe siècle, leurs annales se sont perdues, mais le *Tong-Kien*, la grande histoire de Sse-ma-kuang, porte qu'ils remontèrent vers le nord et s'y établirent en se fondant dans la population chinoise; du moins ils ne firent plus parler d'eux. Peut-être figurèrent-ils parmi les tribus tartares qui ne cessèrent de harceler l'empire.

4. Les *Nan-ping*. Ces indigènes appartenaient à la race des Man. Ils occupaient le centre du Sze-tchuen au nord du Kiang; une autre branche habitait l'est de cette province et le nord du Yun-nan. Ils y exerçaient un pouvoir absolu. Vaincus en 1070, ils furent assujettis au payement d'une redevance, et l'empereur Tchen-tsong constitua un district chinois ou tchéou dans leur pays. En 1108, deux nouveaux tchéous furent formés, puis abandonnés. En réalité ces districts n'existaient que sur le papier; mais la hardiesse d'affirmation des historiographes chinois a donné le change jusqu'ici sur leur vraie nature. Et ce qui surprend encore davantage, c'est que ces districts abandonnés avaient été établis à la demande des chefs Nan-ping. Depuis l'an 1108 jusqu'à la conquête mongole, cette tribu disparaît de l'histoire. Sans doute qu'elle n'attaqua plus l'empire.

5. Les *Tong-sié* ou Sié de l'est occupaient, semble-t-il, une ligne étroite de terrain allant du midi du Sze-tchuen au centre du Hou-nan. Ils appartenaient à une race différente de celle des tribus précédentes, sans qu'on puisse la

déterminer en aucune manière. Ces indigènes restèrent indépendants jusqu'au VIIe siècle de notre ère. Vers l'an 640, l'empereur Tang-tai-tsong fit une percée dans leur territoire et y constitua un tchéou, c'est-à-dire rendit ces peuples tributaires. On n'en dit pas davantage.

6. Les *Si-tchao* ou Tchao de l'ouest habitaient au sud des Tong-sié, c'est-à-dire au Kuei-tchéou. Comme eux, ils furent envahis par les Tangs, qui constituèrent leur chef préfet héréditaire, c'est-à-dire que l'on revêtit d'un titre chinois un chef resté indépendant. On ne peut pas déterminer exactement l'espace de territoire qu'ils occupaient. De l'est à l'ouest, il fallait dix-huit jours de marche pour le traverser. Ils appartenaient à la race Man. C'est tout ce qu'on en sait.

7. Les *Tsang-ko*. Avec ces tribus nous arrivons au Yun-nan, dont elles possédaient les régions occidentales, humides et chaudes ; leur origine est encore inconnue. Dès l'antiquité, dit Ma-tuan-lin, ils servaient l'Empire du Milieu : ce qui est impossible, vu qu'ils en étaient séparés par des espaces immenses et des tribus indépendantes ; à moins toutefois qu'il n'aient habité jadis beaucoup plus au nord et qu'ils aient émigré à une époque plus récente. La seule chose certaine, c'est qu'en 620 l'empereur Kao-tsou des Tangs réclama d'eux l'hommage et le tribut.

Vers 846, Wou-tsong reconnut le roi héréditaire de Lo-tien au Kuei-tchéou et celui de Tien. Ces états subsistèrent vraisemblablement jusqu'au XIIIe siècle.

8. Le *Tchong-tchéou*. Les Tsang-ko habitaient l'ouest du Kuei-tchéou ; le Tchong-tchéou en formait la partie orientale. Là était une tribu guerrière qui vécut sans rapport avec l'empire jusque vers l'an 640. A cette époque, ils vinrent d'eux-mêmes faire hommage à la cour des Tangs. En 755, leur chef est signalé comme l'allié de l'empire dans des guerres que celui-ci soutenait dans le midi. Jusqu'en

840, dit Ma-tuan-lin, ces princes offrirent régulièrement le tribut. Ce sont ses dernières paroles à lui ; mais après cela il cite un passage d'un géographe du XIIe siècle où nous apprenons que les peuplades qui habitent depuis l'ouest du lac Tong-ting, au Hou-nan, jusqu'aux Jongs de l'ouest et les terres extra chinoises, sont de vrais barbares. A certain moment, on établit un siège de gouvernement au milieu d'eux, puis on le supprima. Après quoi l'auteur ajoute : On ne connaît guère les noms des tribus habitant au delà du Nan-kiang, ce grand fleuve qui traverse le Kuang-si et le Kuang-tong. La partie méridionale de ces provinces était donc encore au XIIe siècle en dehors de toute relation avec la Chine.

Le même auteur nous apprend qu'au nord de ce fleuve, dans le Kuang-sou septentrional, se trouvait un état de Lo-tien dont le chef fut reconnu en 846 comme roi héréditaire. Plus au sud-ouest, un autre pays, portant le nom de Tze-ki, avait encore son roi indigène et indépendant à l'époque où Fan-chi-hou écrivait.

9. Les *Liao*. Ces peuples, qui appartenaient aussi à la race des Man, sont connus depuis la plus haute antiquité. Ils habitaient d'abord le nord-ouest de la Chine, dans le midi du Chen-si, et le nord-est du Sze-tchuen. Ils s'étendirent de là jusqu'au 28e degré de latitude et, au IVe siècle, ils avaient envahi tout le Sze-tchuen, excepté le petit royaume de Chou fondé par les Li.

Les Ts'in, qui régnèrent de 317 à 420, conquirent le royaume de Chou, ce qui amena de fréquents conflits entre l'empire et les Liao, qui finirent par englober ou expulser tous les Chinois établis dans ces contrées. Constamment attaqués par les préfets et généraux chinois, les Liao cherchèrent une protection en se reconnaissant tributaires des Tartares Wei. Au VIe siècle, ils reconnurent, dans le même but, la suzeraineté de la famille Liang. Les Chinois alors s'introduisirent en grand nombre dans ce

pays, et la situation politique y eut cela de singulier que les Liao vivaient côte à côte avec les Chinois séparés et indépendants : ceux-ci étaient dans les plaines et les villes fondées par eux ; les indigènes, dans les montagnes et les bois. Toute l'histoire du VIIe au IXe siècle est remplie d'actes de violences des Chinois et de représailles exercées par les Liao. Au XIIe siècle, ces barbares habitaient encore les mêmes lieux où ils vivaient indépendants et sans chef commun ; chaque village avait le sien, qui portait le titre de Langho.

10. Le *Yelang*. Les habitants de ce pays appartenaient à la race des Yis, ou barbares de l'ouest ; ils occupaient une langue de terre qui allait du Hou-nan au Yun-nan par le Sze-tchuen et le Kuei-tchéou. Les plus rapprochés de l'empire chinois y avaient été rattachés par l'empereur Wou-ti des Han en l'an 130 A. C. : ce qui signifie que leur roi s'engagea à faire les visites de cour et à payer un tribut. Des tribus voisines de même race entrèrent dans cet accord, mais sans rien perdre de leur existence individuelle. Toutefois les Chinois profitèrent de cette situation pour s'introduire dans les pays vassalisés, y construire des forteresses, y entretenir des garnisons qui terrorisaient ces peuples et provoquaient de fréquentes représailles. L'empire était entraîné par là dans des dépenses d'hommes et d'argent si considérables que Wou-ti lui-même, le monarque guerrier et conquérant par excellence, finit par abandonner les barbares occidentaux et ne conserva que deux cantons au sein des Yis du midi.

Cela nous montre une fois de plus ce qu'étaient, en réalité, ces prétendues conquêtes des Ts'in et des Han.

Autre fait significatif. En 927, le prétendu *préfet* de Tsing-tchéou au pays barbare vint avec cent cinquante chefs faire hommage de vassalité à la cour des Songs. C'était donc non point un fonctionnaire chinois, mais un roi barbare investi d'un titre impérial. Ce qui le prouve

mieux encore, c'est la curieuse circonstance que voici : dans une de ces visites d'hommage faite vers l'an 990, l'empereur Tai-tsong demanda aux chefs du Yelang, par interprète, *comment ils se gouvernaient*. Et ceux-ci expliquèrent au Fils du Ciel que, chez eux, chaque groupe de deux à trois cents maisons formaient un district (tchéou), et que chaque district avait dix chefs ; que leur roi habitait une ville sans rempart, etc. S'imagine-t-on des tribus incorporées à un état dont les chefs ignorent comment leurs sujets se gouvernent ?

Cet état de choses durait encore au moment de la conquête mongole ; le chef d'une famille appelée Song exerçait chez ces peuples une souveraineté héréditaire (1).

11. Le *Tien*. Avec le Yelang nous avions atteint le nord-est du Yun-nan ; le Tien nous amène à l'est de cette province. Il était habité par des tribus de race inconnue auxquelles commandait une famille issue d'un général du royaume de Ts'ou, cet état barbare dont nous avons parlé plus haut.

Le roi du Tien reconnut la suzeraineté de Wou-ti, qui lui laissa son indépendance. Une tentative faite cent ans plus tard pour priver ce chef de son titre royal amena une écrasante défaite des armées chinoises. En 220, l'empereur Heou-tchou rétablit l'état de vassalité du Tien, mais n'y laissa pas même un bataillon de ses armées.

Voilà tout ce que nous savons de ces peuples, qui continuèrent à rester dans ces conditions d'indépendance intérieure.

12 et 13. Le *Kiong-tou* et le *Tso-tou*, dans la partie occidentale du Sze-tchuen et du Yun-nan (N.-O.). Nous en savons très peu de chose ; mais il résulte des indications des cartes modernes que les tribus indigènes de ces contrées sont encore aujourd'hui de simples tributaires. Leurs

(1) Voir *Ma-tuan-lin*, l. 329, f° 5, v, *initio*.

chefs portent le titre de Tou-sse ou chefs de territoire, ce qui indique qu'ils sont en dehors de l'administration de l'empire et de son fonctionnarisme.

14. Le *Ngai-lao*. Avec cet état nous descendons au centre du Yun-nan et au sud-ouest du Kuang-si. Il entra en relation avec la Chine au premier siècle de notre ère, et paya le tribut, mais resta indépendant. Le célèbre général Tchu-ko-liang, qui pénétra sur leur territoire avec une nombreuse armée, se garda d'y laisser un soldat ou un fonctionnaire de l'empire. Plus tard on voulut le tenir davantage sous la dépendance, ce qui entraîna pour la Chine des dépenses en argent et en hommes dont on se plaignait amèrement à la fin du VIIe siècle. On y avait fondé un prétendu gouvernement chinois dont le caractère nous est marqué en 698 par cette phrase d'un rapport du gouverneur voisin : « Qu'on supprime ce gouvernement en le rattachant à celui de Soui (au centre du Sze-tchuen); que les princes indigènes qui l'habitent viennent à l'avenir faire la visite d'hommage, et que les bornes de l'empire restent fixées au fleuve Lou, » le *Ta-ho* actuel.

15. Le *Nan-tchao* formait la partie occidentale du Yun-nan et du Sze-tchuen. Ses habitants appartenaient à une famille particulière de Man qu'on appelait Wou-man ou Man noirs. Ils formaient un état monarchique dont les premiers rapports avec la Chine datent du règne de Kao-tsong des Tangs (650-684). Vers 741, leur chef fut reconnu comme roi et décoré d'un titre chinois. Mais son lointain successeur Tsien-long, en 850, se proclama empereur et prit le titre de Hoang-ti (1), comme les « Fils du Ciel ». Par la suite, des guerres sanglantes et sans résultat eurent lieu entre les deux états ; le souverain du Nan-tchao fut à plusieurs reprises reconnu roi sous divers titres, et son indépendance dura jusqu'au temps des Mongols.

(1) Auguste empereur.

16. Les Man de *Li-Yuen*. Jusqu'ici il n'a été question que des populations du sud-ouest de la Chine, dans un rayon qui atteint jusqu'au centre. Avec ces Man, nous arrivons finalement aux provinces du sud, au Kuang-si et au Kuang-tong, qui semblent appartenir essentiellement à la race chinoise. Primitivement elles étaient fixées plus au nord ; mais, poussées par les envahissements des armées chinoises, elles descendirent jusqu'à Kuei-ling-fou, au nord-est du Kuang-si. Au VIIIe siècle, nous les voyons soutenir contre la puissance impériale des luttes victorieuses. En 821, sur les conseils de la cour militaire, l'empereur renonça à toute prétention sur les territoires situés au-dessous des monts Ling, qui séparent les deux Kuang du reste du Tchong-koue. Pour cacher leur impuissance, les généraux chinois prétendirent que c'étaient des pays déserts, et que leurs habitants étaient des bêtes sauvages dont il n'y avait pas lieu de s'occuper.

Les guerres n'en continuèrent pas moins entre les deux états. Parfois certaines tribus demandaient à faire hommage à l'empire, parce que leurs chefs désiraient obtenir des titres, de riches présents, une protection contre des rivaux ou des adversaires ; mais cette vassalité ne compromettait nullement l'indépendance de ces peuplades qui continuaient à se gouverner elles-mêmes ; cet état de choses dura jusqu'aux Mongols.

17 et 18. Les Man de *Nan-tan* et de *Fou-schoui*. La mention de ces deux peuplades achève l'énumération des tribus principales du Kuang-si. Toutes deux en occupaient la partie septentrionale, la première au cœur même de la province, à Kin-yuen-fou, la seconde au nord et nord-ouest de ce district. Ma-tuan-lin mentionne exceptionnellement la parenté des Man de Nan-tan avec les Ki-tong du Sze-tchuen ; mais cela ne nous avance guère.

L'une et l'autre n'eurent aucun rapport avec l'empire avant la fin du Xe siècle. Depuis lors, leur histoire est celle

des autres tribus : hommage rendu à la cour impériale et payement d'un tribut, en échange de titres et de riches présents ; refus de continuer ces actes de vasselage, lutte avec succès divers. De 1133 à 1211, les rois de Nan-tan se succèdent par des actes de violence, sans que l'empereur intervienne à aucun titre.

Les gens du Fou-schoui firent preuve de plus d'indépendance encore. En 984, ils envahissent le territoire chinois et forcent l'empereur à reconnaître leur souverain comme roi du pays qu'ils occupaient. En 1077, nouvelles incursions, que les armées impériales réprimèrent sans oser sortir de leur territoire.

Après des invasions réitérées, les tribus du Fou-schoui finirent par s'allier aux Chinois, et tandis que toutes les parties de l'empire étaient infestées de brigands qui saccageaient tout, le Kiang-si fut constamment à l'abri de leurs coups, grâce à la vaillance de deux chefs fou-shouiens, Ling et Lo, qui leur firent une guerre acharnée et victorieuse.

19. Le *Kiao-tchi*. Nous passons sous silence quelques petites peuplades qui habitaient les provinces méridionales et occidentales de la Chine actuelle, pour terminer par un état assez considérable, qui forme l'extrême limite de notre terrain d'étude.

Cet état comprenait les territoires allant du Lien-tchéou au nord-est du Kuang-tong (à quelques lieues de Canton), à travers le Kuang-si, jusqu'au Tong-king et à la Cochinchine. C'est celui qui était situé le plus à l'est des terres barbares du sud. Il avait été en partie formé des débris du Nan-yue, conquis par Wou-ti des Han, comme on l'a dit ci-dessus. C'est ici surtout que nous voyons en quoi consistaient ces prétendues conquêtes qui passent pour avoir assuré la domination chinoise sur ces régions du sud. Wou-ti avait fait neuf Kiun ou principautés de ce qui avait été le Yue méri-

dional. Mais la puissance du Fils du Ciel était si peu établie sur ces pays, qu'en 920 un chef de localité (*Tou-ho*) s'empara de la domination des Kiun, et l'empereur se contenta de l'hommage ordinaire du vasselage indépendant.

En 965, un autre chef du nom de Li-ho-shun vainquit tous ses rivaux et se proclama « le grand roi victorieux », *Ta-shing-wang*. Ses successeurs tantôt firent hommage de leur principauté, tantôt firent la guerre à l'empire et agirent en souverains maîtres. Il est très curieux de lire le rapport que fit, à Tai-tsong, son envoyé Song-hao, chargé de porter au roi du Kiao-tchi ses titres et les présents de la cour suzeraine. C'est celui d'un ambassadeur étranger au milieu d'une population qui ne reconnaît aucunement l'autorité du souverain qui l'a député vers elle. Rien n'y appartient à son maître ; il n'y rencontre ni un soldat, ni un représentant de la Chine ; il n'y commande à quoi que ce soit.

L'histoire du Kiao-tchi se continue ainsi jusqu'au XIIIe siècle, attestant l'indépendance de cet état. Son roi s'intitule *Tien-wang*, le roi institué du ciel, et même *Tien-tze*, fils du ciel, comme les empereurs chinois. La conquête mongole seule, survenue peu après, parvint à niveler toutes ces hauteurs et à unifier les provinces qui forment la Chine moderne.

Il reste cependant dans les montagnes quelques tribus qui surent y maintenir leur liberté, et l'on peut encore lire aujourd'hui sur les cartes de la Chine, dans des enclaves comprises entre le Kuang-si et le Kuei-tchéou, ces mots significatifs : *Miao-tze indépendants*, ou dans les régions voisines du Tibet : *peuplades tributaires*.

Nous terminerons ici cet exposé, bien long peut-être, mais nécessaire pour donner une idée exacte de l'ethnographie chinoise. Résumons-en les résultats auxquels des témoignages historiques donnent de la certitude.

Jusque vers le IIe siècle avant notre ère, le centre et tout

le sud de la Chine actuelle appartenaient entièrement aux tribus préchinoises qui les peuplaient. Au centre et à l'est, ces populations avaient déjà adopté en grande partie les mœurs chinoises qu'elles s'assimilèrent assez facilement, tout en conservant leur physionomie spéciale.

Le reste des provinces centrales, du sud-ouest et du sud, restèrent aux mains des barbares et conservèrent leur liberté comme leurs mœurs primitives, la plupart jusqu'au XIIIe siècle, si pas jusqu'au XIVe. C'est alors seulement que le joug de fer des Mongols détruisit leur indépendance et que l'assimilation commença effectivement. Elle avait été déjà plus ou moins préparée par l'infiltration si habilement ménagée par la diplomatie chinoise. Là où les armées chinoises ne pouvaient établir la domination de leur maître, elles introduisaient dans les plaines des colonies qui y fondaient des établissements, des villes même et des forteresses. Là Chinois et barbares vivaient côte à côte sans se mêler, mais non sans exercer de l'influence les uns sur les autres.

Le géographe Fan-chi-hou nous donne en ces termes une idée des procédés chinois chez les peuples que leurs armées avaient vaincus et non soumis : « On organisait leur territoire, on divisait leurs établissements en divisions régulières auxquelles on donnait pour gouverneurs leurs chefs les plus braves. Tout y était établi comme parmi des peuples indépendants, vivant sous leurs propres lois et sous des chefs indigènes. Seulement, dans l'une ou l'autre ville, l'empire plaçait un gouverneur et une garnison pour prévenir ou réprimer les luttes armées. »

A l'égard des grands états barbares, l'empire procédait plus modestement et se contentait d'hommages platoniques.

Depuis le XIVe siècle, la civilisation chinoise s'est étendue sur tout le midi de l'empire. Toutefois le caractère des peuples n'est pas entièrement éteint, et l'on ne doit pas

s'étonner si c'est au Sze-tchuen, au Yun-nan et dans des régions analogues que les révoltes et les actes de cruauté sont le plus fréquents.

Mais on le comprendra mieux encore quand nous aurons fait connaître les mœurs de ces populations préchinoises dont nous venons de donner l'aride tableau.

II.

MŒURS DES TRIBUS INDIGÈNES DU MIDI DE LA CHINE.

Nous n'entendons point naturellement reproduire tous les faits que nous pourrions puiser dans l'encyclopédie de Ma-tuan-lin. Nous nous bornerons à ceux qui concernent les tribus les plus importantes et présentent le plus d'intérêt.

1. *Mœurs des Pan-hou-tchong* (Voir p. 52). Ma-tuan-lin s'attache principalement aux tribus de cette race, appelées Yao, et voici ce qu'il en dit d'après le géographe Fan-chi-hou.

Ces barbares, qui habitent depuis l'ouest du Sze-tchuen jusqu'au lac Tchong-ling, jusqu'aux extrêmes limites du Hou-kuang, dans les montagnes et les profondes vallées, se distinguent par les coutumes suivantes :

Ils nouent leurs cheveux au-dessus de la tête en forme de marteaux, et ne portent point de chaussures. Leurs vêtements sont faits de toile ou de laine aux couleurs variées.

Les familles des Yao sont réunies en groupes formant des villages. Ils couvrent leurs maisons de feuilles d'arbres; ils cultivent le grain, le riz, le millet, la fève et le topinambour. Ils cherchent à varier leur nourriture ; ils font des tuyaux de bambou pour souffler le feu. Ils se procurent aussi leur nourriture par la chasse des animaux sauvages

des montagnes, et pour cela ils parcourent à tout risque les rochers les plus périlleux.

Ils portent de lourds fardeaux sur leur dos; ils les y retiennent par une corde passée sur le front, et courent ainsi bien que courbés. Ils commettent sans peine des meurtres par inimitié, et s'y laissent facilement aller sur un simple soupçon. Ils supportent aisément la faim quand ils font la guerre.

Un long glaive pend à gauche de leur ceinture ; sur l'épaule droite, ils tiennent une arbalète, et de la main droite une longue lance. Ils gravissent et descendent les hautes montagnes avec la légèreté des oiseaux.

Dès qu'un garçon sait marcher, on lui brûle le talon et la plante des pieds avec un fer ou une pierre chauffés au rouge. On les rend ainsi durs et insensibles, en sorte que les hommes puissent marcher sur les épines et les cailloux aigus sans se blesser.

Dès qu'un garçon vient à naître, on le pèse avec un poids de fer (pour augurer de sa force de constitution), et on le lave avec une eau teinte d'un poison (1). Quand il est devenu grand, on forge de ce poids de fer un glaive dont le jeune homme se servira jusqu'à la fin de sa vie. Il l'éprouve d'abord en abattant un bœuf, qu'il doit frapper à l'épaule. Si d'un seul coup il tue l'animal, ce glaive est réputé d'excellente qualité.

Leur arbalète s'appelle *renkia* ; ils la tendent avec les pieds, et en tirant ils sautent et bondissent. Ils tiennent leurs flèches de la main retournée, et atteignent généralement leur but.

Leur lance, appelée *tiaotsiang*, est longue de plus de deux tchangs ou vingt pieds.

Au combat, ils forment un rang d'arbalétriers, puis un de lanciers ; ils avancent en se soutenant l'un l'autre. Les porteurs de lances se tiennent en arrière pour ne point

(1) Termes incertains.

entraver les arbalétriers. Ceux-ci tiennent leur glaive entre les dents et tirent de la main. Si l'ennemi les presse, et que les lanciers ne puissent les défendre, ils jettent leurs arbalètes, prennent leur coutelas de la bouche et frappent avec violence pour se dégager. Le danger écarté, ils reforment leur rang.

Ils ont d'autres arbalètes cachées en cas de retraite. Leurs soldats ont aussi des arcs habilement pourvus de pointes avec lesquels ils se défendent sans se laisser vaincre.

Au commencement de l'année, ils sacrifient à Pan-hou (1) et lui offrent, mêlés, du poisson, de la viande, de la liqueur et du riz dans un vase de bois.

A la nouvelle lune du dixième mois, ils se rassemblent pour sacrifier au grand roi Tou-pei. Filles et garçons se rangent en ordre, et, se tenant par la manche, ils dansent en s'entraînant l'un l'autre. Quand un couple est d'accord, le garçon saute en criant et riant; alors la jeune fille le prend sur ses épaules et s'en va portant celui qu'elle aime. Ainsi ils deviennent mari et femme, sans l'intervention des parents qui n'ont rien à y dire. Cette pratique se renouvelle l'année suivante. Quand une jeune fille est restée trois ans sans avoir trouvé un mari, ses parents veulent généralement la tuer comme une créature abandonnée, rejetée de tous.

(1) Pan-hou est l'auteur légendaire de la race dite *Pan-hou-tchong*. Son histoire, si elle a quelque réalité, est mêlée des plus grossières fables. L'empereur Tikou, qui régna de 2457 à 2367 (?), ne pouvant se défendre des barbares Kiuen-jong qui infestaient ses états, promit sa fille cadette en mariage à l'homme qui lui apporterait la tête de Wou, le chef de ces brigands. Ce fut un certain Pan-hou, barbare au service du monarque chinois, qui accomplit ce haut fait et obtint la main de la princesse. Il alla s'établir dans les monts du midi et y fut le père de la race qui porte son nom. Cette légende cache probablement le fait d'une victoire remportée par des barbares dont le chef se fit donner une princesse chinoise comme épouse. Pan-hou appartenait aux tribus des *Kiuen-jong*. Il est qualifié de *Tcho Kieu* ou « chien domestique », c'est-à-dire « serviteur », et ses concitoyens aimaient les vêtements de cinq couleurs. De là est venue la fable que les Pan-hou-tchong descendaient d'un chien au poil de cinq couleurs.

Pour faire de la musique, ils ont des tambours de cuivre, des gourdes, des espèces de flûtes droites et à plusieurs tuyaux. Quand tous ces instruments jouent ensemble, c'est un tapage comme un bruit de combat. Un tube de bambou sert à battre la mesure. On danse et on saute autour d'un arbre appelé *lün*. Ils chantent et se répondent.

A la fin de l'année, des groupes, musique en tête, pénètrent dans les districts et les cantons chinois ; ils frappent aux portes et demandent de l'argent, du riz, de la liqueur ; puis ils brûlent tout cela pour chasser les démons.

Dans les régions montueuses, les terrains arables sont peu étendus, la pluie est rare, et la moisson de céréales manqua un jour ; alors, la famine se faisant sentir, les barbares sortirent de leurs limites dans les quatre directions, et se répandirent sur les terres chinoises en mendiant des mesures de grain pour échapper à la mort. Aussi cette manière de se pourvoir sans travailler devint un jeu pour eux, et quand il survint une année d'abondance, ils continuèrent à vagabonder.

Nous avons dit précédemment que les barbares se civilisaient au contact des Chinois introduits parmi eux et que l'assimilation des deux races se faisait de cette manière. Mais le contraire arrive aussi, comme nous l'apprend Fan-chi-hou.

- Les Chinois des provinces voisines des Yao adoptent souvent leurs mœurs, leurs dispositions, leurs usages ; ils deviennent forts comme eux, pratiquent leurs industries, se confondent et contractent mariage avec eux. Parfois ils apaisent leurs querelles en les prenant pour arbitres, et leur donnent pour cela des terres qui leur ont été abandonnées par l'empire. Parfois les barbares apprennent à connaître les routes et à commettre de nombreuses déprédations contre lesquelles leurs voisins ne savent point se défendre. Ils dévastent les champs et les maisons, pillent

les greniers et les étables et tuent le bétail. Il n'est point d'année où ces faits ne se produisent.

» Ils arrivent à l'improviste sur des canots de bambous, allant et venant comme des tourbillons. Dès que leurs victimes sont averties de leur arrivée, ils s'enfuient et rentrent dans leurs cavernes, sur des hauteurs où les armées régulières ne peuvent pénétrer. On peut seulement, en distribuant les postes, garder les issues, mais les montagnes ont tant de gorges et de sentiers qu'il est impossible de les occuper tous. Si ce blocus durait, il coûterait d'énormes efforts et des frais trop considérables.

» En outre, s'ils étaient privés de toute communication avec les contrées chinoises limitrophes et tenus enfermés dans leurs montagnes, ne pouvant plus se procurer les moyens de se nourrir, se ruant sur tout sans plus craindre la mort, ils bondiraient hors de leurs retraites et causeraient d'horribles désastres.

» Leurs relations avec les Chinois ne sont pas non plus sans inconvénient. S'ils sont trompés dans un contrat, ils viennent se venger et souvent commettre des meurtres ; il en résulte tout au moins de longues inimitiés et des querelles dangereuses. »

Comme dernier trait curieux des mœurs des Pan-houtchong, citons le récit d'une entrevue qui eut lieu à la fin du XIIe siècle.

A l'occasion de la fête de l'empereur, plusieurs chefs étant venus dans les villes chinoises présenter leurs félicitations, on leur donna un grand festin, ce qui leur causa une extrême joie.

Quelques mois plus tard, le chef de tous les Yao, nommé Yuen-tai, accompagné d'une suite de dix hommes, vint remercier les autorités chinoises. Ils étaient tous vêtus de robes rouges, et portaient des bâtons tranversaux pour tenir leur chevelure. On leur servit un repas dans des plats d'argent. On leur fit présent de soieries, de

sel et de vin. De leur côté, ils firent en s'en allant le serment que voici :

« Nous tous qui gouvernons les habitants des montagnes, nous retiendrons par la force nos fils et nos neveux (pour les empêcher de nuire à nos voisins). Les hommes venant avec leur bâton, les femmes avec leurs instruments de filage, pourront aller et revenir sans provoquer aucune querelle. Au-dessus de nous est le soleil ; sous nos pieds est la terre qui nous abrite. Si quelqu'un manque à ce serment, s'il engendre un fils, que ce fils devienne un âne ; si c'est une fille, qu'elle devienne un porc ; s'il forme une famille, une maison, qu'elle périsse... Le contrevenant subira la loi des montagnes. La loi des montagnes le condamne à mort. »

Ma-tuan-lin signale aussi ces traits de mœurs remarquables de la tribu de Si-nan-fan :

Le mari et la femme habitent séparément. La demeure de la femme est profondément retirée et cachée; elle ne peut de là voir personne. Quand un mari visite sa femme, il suspend un glaive à la porte et puis entre. Quelquefois ils se retirent dans les montagnes pour ne point souiller leur demeure ; autrement, ils penseraient que les esprits les frapperaient de calamités diverses.

Les Man n'ont jamais nui à personne, n'ont jamais fait tort à qui que ce soit ; c'est pourquoi on ne peut savoir quels ont été leurs faits et gestes... Les hommes se distinguent par leur vigueur, les femmes par leur propreté.

2. *Mœurs du Tong-tchéou au Kuang-si* (page 57). Ces barbares étaient connus, parce qu'ils venaient vendre des chevaux dans les oasis chinoises. Voici comment les géographes chinois les décrivent :

Ils sont de taille élevée, aux yeux enfoncés, noirs de peau et aux dents blanches. Ils lient leurs cheveux autour d'un bois au moyen d'une étoffe bigarrée. Ils portent des vêtements courts et vont pieds nus ; un large chapeau leur

sert de couvre-chef. Aux oreilles, ils portent des cure-dents, et des anneaux d'or leur ceignent le bras ; par derrière, un long coutelas ; à la ceinture, une arbalète avec un carquois plein de flèches ; sous le bras, une boîte de cuir pendant au côté.

Depuis la poitrine jusqu'aux hanches, ils se serrent d'une bande de fils de chanvre qui leur aide à mieux se tenir à cheval. Quand ils veulent attraper un cheval en liberté, ils lancent un long lacet qu'ils lui passent adroitement au cou et s'en rendent maîtres.

Leurs sabres, longs de trois pieds, sont très aigus et tranchants ; ils viennent du pays de Ta-ti (au Yun-nan).

Par nature, ils aiment une exquise propreté. Si plusieurs mangent ensemble à un même plat et avec une seule cuiller plantée au milieu, ils posent près d'eux un vase plein d'eau; et comme chacun mange à son tour, ils plongent la cuiller dans l'eau chaque fois qu'elle change de main. Bien plus, ils placent le riz en boulettes sur la cuiller et le font sauter dans la bouche sans toucher l'instrument, ce qui dégoûterait les autres (1). Leurs repas sont exigus ; pour boire de la liqueur, ils prennent un seul verre. Cette modération dans les repas leur est imposée par le serrement des flancs qu'ils produisent au moyen de la corde dont il a été parlé ci-dessus.

Ils assaisonnent leurs plats avec différentes épices ; mais il ne mangent pas de viande de truie.

Après le repas, il se brossent les dents et les conservent ainsi toujours très blanches. Ils ont en horreur toutes les odeurs d'objets corrompus ; ils enterrent et recouvrent avec soin tout ce qui sent mauvais. Aussi les Chinois du Yong-tchéou emploient ce moyen-ci pour couper court aux querelles : ils jettent à terre un vase d'ordures, qui se brise

(1) On comprend que cela étonne les Chinois, habitués à manger au même plat, à prendre les aliments avec la main, à répandre même les sauces sur la table sans se préoccuper beaucoup de la propreté.

et les répand ; aussitôt nos prétendus barbares sautent en arrière, remontent à cheval et s'enfuient.

3. *Mœurs des Liao* (p. 58). Ces indigènes n'ont pas de nom de famille ; ils ne portent même aucun nom personnel. Tout membre d'une famille, de quelque sexe ou de quelque âge que ce soit, est désigné par un numéro d'ordre. Ils font leurs maisons en accumulant des troncs d'arbres appuyés contre d'autres arbres. Ils leur donnent plus ou moins d'étendue selon le nombre des membres de la famille, des habitants de la maison. Chacune a son chef qui y commande et y entretient l'ordre. Quand le père meurt, un fils lui succède, comme dans les communautés de l'Empire du Milieu.

Les rois Liao ont un tambour et une couple de cors qu'ils font porter par leurs fils ou leurs frères cadets qui en sonnent devant eux. Les Liao se plaisent au meurtre et au brigandage. Ils entrent vite en colère, et alors ils sont comme des bêtes sauvages ; les pères et les fils ne se connaissent plus. Celui qui parvient à saisir le premier un glaive, un couteau, s'en sert immédiatement pour frapper, pour tuer l'autre. Le fils qui a tué son père fuit d'abord hors de la communauté ; mais quand il est parvenu à se procurer dix chiens pour les donner à sa mère en réparation du meurtre, il peut revenir ; la mère accepte cette réparation et ne conserve plus de ressentiment, et ils vivent dès lors en paix. Ils mangent le cadavre de l'homme qu'ils ont tué dans les attaques.

Les prisonniers qu'ils font dans leurs incursions de pillage, ils les vendent comme des chiens, sans en excepter leurs parents.

S'ils perdent un enfant, ils pleurent une fois, puis cessent complètement.

L'esclave vendu pleure, crie, cherche à s'échapper, assaille même son vendeur. Si on le poursuit, qu'on le rattrape et qu'on parvienne à le garrotter, alors abattu, vaincu, il ne pense plus à sa liberté.

Ces barbares n'ont d'autres armes que le bouclier et la lance ; ils ne connaissent point l'arc et les flèches. Ils emploient le bambou pour faire des flûtes dont ils jouent, réunis en bandes, et qui marquent la mesure.

Ils tisssent des étoffes qu'ils conservent d'une blancheur parfaite.

Pour un grand chien, ils achètent un homme. Leur sentiment principal est la crainte des mauvais esprits. Quand ils ont tué un homme qui portait une longue barbe, ils lui enlèvent la peau du visage et la suspendent à une tige de bambou et, quand elle est desséchée, ils la qualifient d'esprit. Ils l'honorent par des danses exécutées au son du tambour et lui demandent prospérité et richesse. Ils poussent le désir de faire cette cérémonie jusqu'à ce point qu'ils vendent femme et enfants et se vendent eux-mêmes pour avoir les moyens de l'accomplir. Ils fondent le cuivre pour faire divers ustensiles, des vases à large ouverture qu'ils appellent *tong-tsuan* ou plateaux de cuivre. Comme ces vases sont très minces, la cuisson s'y fait rapidement.

Jadis il n'y avait pas de Liao dans la partie occidentale du Sze-tchuen. Ils se répandirent dans cette province vers l'an 345 P. C., et y fondèrent dans les montagnes et les vallées des villages au nombre de plus de cent mille. Les populations chinoises émigrèrent en masse vers l'est. Dans les montagnes il n'en resta pas un seul ; ceux qui demeurèrent dans les vallées se mêlèrent aux Liao. Les barbares des vallées se soumirent à l'impôt tout en se gouvernant eux-mêmes d'après leurs propres lois. Ceux des montagnes restèrent tout à fait indépendants et continuèrent à exercer des brigandages qui les rendaient redoutables, sans qu'on osât aller les attaquer chez eux : situation bizarre, qui ne se rencontre guère qu'en Chine.

Les Liao des plaines mêlés aux Chinois payaient de gros impôts, mais très souvent ils suscitaient des troubles violents. Pour les gouverneurs des stations militaires,

c'était une excellente occasion de leur faire la guerre et d'en réduire un grand nombre en esclavage. Il y avait des marchands ambulants dont le commerce consistait à les acheter pour les revendre ; de riches Chinois en possédaient jusque mille à leur service. Mais ces tribus, nombreuses et vaillantes, finirent par se retirer dans les montagnes qui couvraient le pays et s'y maintenir indépendantes. Ils grimpaient sur les arbres comme des singes et couraient le long des précipices comme sur le terrain plat. Néanmoins les gouverneurs chinois cherchaient toutes les occasions possibles pour justifier de nouvelles attaques contre ces malheureux, les dépouiller et les réduire en esclavage. Vers l'an 649, un gouverneur d'Itchéou, qui avait prétexté des incursions de Liao pour demander les forces nécessaires à une expédition de prétendue revanche, reçut de l'empereur cette magnanime réponse : « Les Liao des montagnes doivent être traités avec bonté et justice. Les terrifier par des envois de troupes est un procédé que je ne puis approuver : je suis le père de tous les hommes. »

Voici une dernière scène que nous trouvons dans les annales concernant les Liao, et que nous croyons devoir reproduire : elle ne manque pas de pittoresque.

C'était vers l'an 858 ; les Liao, qui venaient aux marchés chinois pour s'approvisionner de riz et de blé, étaient volés de la moitié du grain qu'ils achetaient ; ilspoussèrent de grands cris et menacèrent de nouvelles incursions. Les mandarins, coupables de ces fraudes, firent porter des pancartes sur lesquelles il était écrit que les Liao seuls étaient en faute et que, s'ils causaient des troubles, ils en seraient dûment châtiés.

Les Liao rirent de cet avertissement ; ils s'en moquèrent hautement, et prirent les armes pour se venger. Le gouverneur chinois attira leurs chefs dans un piège préparé avec la plus grande perfidie et les fit mettre à mort. La tranquillité se rétablit extérieurement, mais la situation restait

toujours menaçante. Pour y mettre fin, un nouveau gouverneur publia un rescrit impérial promettant le pardon, et les Liao apaisés retournèrent dans leurs montagnes.

Nos livres donnent encore, concernant ces peuples, quelques particularités dont nous ne ferons pas mention vu leur peu d'importance. Nous en exceptons une, parce qu'elle nous apprend comment se forment les légendes.

Jadis, rapporte Fan-chi-hou, il y avait des Liao que l'on appelait *Fei-teou*, ce qui veut dire en chinois « à têtes volantes ». L'origine de ce nom nous est inconnue, mais ce que nous savons, c'est qu'il a donné lieu à la fable suivante qu'on lit aux Annales des Tangs :

« Les Liao « à têtes volantes » ont des têtes qui parfois sont sur le point de s'envoler. En ce cas, il se montre tout autour de leur cou une ligne rouge, mince comme un fil, laquelle est l'indice du phénomène prochain. Dès qu'on s'en aperçoit, pour prévenir ce malheur, la femme et les enfants veillent toute la nuit celui qui en est menacé : autrement la tête disparaîtrait la nuit pour ne revenir que le matin. On craint que, dans ses pérégrinations nocturnes, la tête envolée ne se heurte contre quelque obstacle ou ne subisse quelque avarie ; de là leur préoccupation tout le temps que durent les ténèbres. »

Ceci s'expliquerait-il par une maladie spéciale de la tête à laquelle serait sujette la tribu des « têtes volantes », comme celle des « dents qui claquent » (*tsotchi*) afflige une autre tribu de Liao et produit à la bouche un mal qui fait claquer les dents et empêche de manger ? Je laisse aux médecins à déterminer quel mal peut faire paraître un cordon rouge tout autour du cou.

4. *Mœurs du Fou-kue.* Voici les particularités les plus remarquables des mœurs de cet état. Comme les précédentes tribus, les gens du Fou-kue ignorent les noms de famille. Ils n'ont pas d'établissements, villes ou villages,

entourés de murs ou de palissades. Ils vivent dans les vallées et le long des cours d'eau ; les montagnes leur servent de remparts plus que suffisants. Cependant ils savent construire des espèces de tours au moyen de grosses pierres superposées sans ciment, afin de se mettre à l'abri des attaques quand ils ont commis quelque acte de vengeance ou de brigandage. Ils les font hautes de cinquante, soixante et jusque cent pieds. L'entrée n'y est possible que par une porte basse et étroite, fermée avec soin pendant la nuit.

Leurs lois matrimoniales sont très larges. Les fils épousent les concubines de leur père mort, et les frères, celles de leurs frères défunts.

Leurs armes offensives consistent en arcs et en flèches ; n'ayant point de cordes, ils y substituent un mince filet de bambou. Ils portent le casque et la cuirasse. Ils aiment le chant et la danse ; ils les accompagnent du jeu d'une flûte tranversale.

Leurs coutumes funèbres se réduisent à ceci. Quand l'un d'entre eux vient à mourir, ils lavent soigneusement le corps et le placent sur une haute estrade, revêtu de son casque et de sa cuirasse, et recouvert de peaux de bêtes. Les descendants du mort ne pleurent pas (1), mais sautent autour du corps, frappent leur cuirasse, agitent leurs épées et crient : « Voilà que les démons ont pris mon père, je veux le venger et tuer les démons. »

Leurs vêtements se composent des objets suivants : un bonnet de peau rond comme un plat, ou un chapeau de paille, une robe de fourrure de laine, des bottes de peau de la jambe d'un bœuf, un cercle de fer autour du cou.

Le roi et les chefs principaux portent des ornements d'or sur la tête et sur la poitrine, une fleur d'or suspendue et large de trois pouces.

(1) Les Chinois signalent naturellement les traits de mœurs différents de leurs coutumes à eux. Chez les Chinois, les pleurs sont obligatoires et réglés par les rites jusque dans les moindres détails.

En ce pays, les plateaux mêmes sont élevés et la température y est fraîche. Le vent et la pluie y règnent le plus souvent. Les montagnes renferment de l'or et de l'argent et sont peuplées de faisans blancs. Leurs eaux nourrissent d'excellents poissons dont la taille atteint jusque quatre pieds et dont les écailles ont une grande finesse.

5. *Mœurs du Nan-tchao* (p. 61). Cet état réputé barbare était organisé sur le pied des états les plus civilisés de l'époque ; les idées chinoises semblent y avoir pénétré de longue date, car on y signale certaines particularités de langage qui ne se retrouvent qu'en chinois. Ainsi le roi avait un terme particulier pour se désigner lui-même, un pronom personnel que lui seul pouvait employer. Les magistrats du premier rang s'appelaient « ordonnateurs de la paix ». La population était divisée en groupes de cent, mille et dix mille familles, ayant chacun un préfet spécial.

Les subventions aux fonctionnaires consistaient en terres arables. Les officiers de premier rang en recevaient une étendue de douze hectares environ ; les grandes familles en possédaient à peu près neuf comme concession d'état.

Ce pays a des régions montagneuses, humides et malsaines ; elles occupent l'occident. Le peuple cultive le riz et les vers à soie, dans les contrées situées à l'est. A l'ouest, on fait principalement des étoffes épaisses avec une filasse tirée d'un arbre. Les principaux produits sont l'or, les joncs propres à fabriquer des nattes, et des chevaux beaux et vigoureux.

L'armée y forme des camps retranchés de 2500 hommes. La loi y est de soigner et guérir les soldats blessés par devant, et de décapiter ceux qui le sont par derrière. Au labour, on emploie un bœuf et trois hommes ; le premier en avant tire l'attelage, le second au milieu presse la charrue de la main pour en maintenir le soc dans la terre, le troisième par derrière conduit le bœuf : tellement

ils appliquent leurs soins à l'agriculture. Tout le monde cultive, sans distinction de rang social.

Le servage est inconnu au Nan-tchao ; toutes les prestations consistent en celle d'un boisseau sur deux chaque année. Les artisans sont aussi astreints à la culture ; ils paient la taxe au bout de deux récoltes.

Les femmes ne se fardent point, mais se parfument la tête avec une huile odorante.

« A tous les cœurs bien nés que la patrie est chère, » dit le poète populaire. En 829, un général chinois envahit les états barbares et fit prisonniers plusieurs milliers de jeunes gens des deux sexes habiles à confectionner la soie, pour importer cette industrie dans le midi. Bon nombre d'entre eux se noyèrent de douleur de devoir quitter leur pays. Arrivé aux frontières de la Chine, le général chinois dit à ses captifs : « C'est ici que vous devez pleurer ; il est juste de pleurer quand on entre sur le territoire étranger. » Tous se mirent à fondre en larmes.

6. *Mœurs des Man du Li-Yuen* (p. 62). Les renseignements qui nous sont donnés à propos de ces tribus préchinoises nous permettent de jeter un coup d'œil sur l'organisation des pays réputés, non point seulement comme soumis à la suzeraineté impériale, mais comme incorporés à l'empire.

Voici comment les parties soumises du Li-yuen furent organisées *à la chinoise*. Le pays fut divisé en trois genres de circonscriptions de plus en plus étendues, et la préfecture en fut donnée, et cela à titre héréditaire, à des chefs indigènes inspirant le plus de confiance.

Huit places fortes furent construites et pourvues d'une garnison chinoise destinée à tenir les barbares en respect.

Les chefs étaient indépendants du pouvoir impérial ; toutefois deux résidents chinois leur étaient imposés : l'un surveillait les agissements des chefs pour prévenir toute entreprise à main armée, l'autre apposait son sceau aux actes des autorités indigènes.

Les contestations judiciaires se portaient d'abord devant les autorités locales ; puis en appel elles pouvaient être déférées aux commandants des forteresses, et en dernier ressort au préfet du département chinois le plus rapproché, le Yong-tchéou.

Les Man, dit Fan-chi-hou, ont le caractère dur et farouche ; leurs mœurs dures et bizarres les rendent inaptes aux institutions chinoises. Néanmoins — et ceci semble un peu contradictoire — il en est beaucoup parmi eux qui vont passer des examens littéraires à Yong-tchéou et y font preuve de beaucoup d'intelligence et d'habileté. Ils entrent en relation intime avec les préfets, se créent des amitiés dans les districts chinois, y circulent, ont les yeux et les oreilles à tout et connaissent les arrêtés avant qu'ils soient portés. Ils ont des équipages et des palais semblables à ceux des princes et ducs chinois ; quelques-uns même ont une garde bien armée.

Le peuple a des champs qui lui sont distribués suivant le nombre des membres des familles, et qui ne peuvent être vendus. Il n'y a que les terres stériles défrichées par le travail privé qui forment une propriété particulière.

Les chefs des provinces ont aussi des terres cultivables qui sont attribuées au titre de leurs fonctions. Ils font souvent des expéditions contre les Liao des montagnes pour emmener de nombreux captifs et accroître la population de leur territoire. Dans le même but, ils achètent des jeunes filles qu'ils marient à leurs anciens et nouveaux sujets. Ils leur donnent des terres et les exercent à la guerre pour en faire une armée solide. Ils vont pieds nus et portent des bonnets verts.

Les Man du Li-yuen sont robustes et peuvent supporter de grandes fatigues. Avec leurs souliers de cuir, ils gravissent et descendent les montagnes sans broncher. Leurs armes sont, avec la cuirasse, le casque et le bouclier, de de longues lances, des javelots, le glaive recourbé, des

dards, l'arbalète avec des flèches de bambou et de différentes espèces.

Quand ils guerroient les uns contre les autres, ils se mettent en ordre de bataille, puis étendent leurs ailes de manière à s'envelopper mutuellement. Ainsi les ailes les plus étendues, celles qui comptent le plus de soldats, l'emportent sur les autres, sans autre lutte.

Le peuple habite des maisons de bambou et de paille à deux étages avec une terrasse au-dessus. En bas sont les bœufs et les porcs. Le haut est fait de bambous liés ; là logent les habitants humains, reposant sur une seule peau de bœuf. Les émanations méphitiques des animaux d'en bas montent ainsi au premier étage, ce qui habitue les gens à en supporter l'odeur. Le pays est infesté par les tigres et les loups qui maintiennent les habitants dans de continuelles alarmes.

Leur occupation consiste, en hiver, à confectionner un tissu de coton et de duvet d'oie; en été, à fabriquer des ouvrages de bambou et de la toile de chanvre. Leur unique nourriture est le riz, qu'ils pétrissent en boulettes.

Les chefs ont souvent plusieurs femmes qui portent toutes le même titre, à la différence des épouses chinoises qui se distinguent en principale, légale, et accessoire, secondaire. Les grands font des dépenses énormes pour les mariages. Les présents faits à la fiancée vont de cinquante à cent charges ou quantités d'objets formant un don particulier.

Quand le jeune homme vient chercher sa fiancée, les parents de celle-ci font cent maisons de paille et plus pour y loger leurs hôtes. Quand les fiancés doivent y rentrer, les deux familles les accompagnent au son de la musique et du tambour. La fiancée doit avoir plus de cent servantes, le fiancé plusieurs centaines de valets.

La nuit avant les noces, les deux familles restent tout le temps en armes. Au moindre mot choquant, à la

moindre altercation, les glaives et les lances s'entrechoquent. Le lendemain, le nouveau marié tient constamment le glaive en main, et si quelque servante de sa femme va contre ses volontés, il la tue de sa main. Si, après l'entrée dans les maisons de paille, il a tué ainsi plusieurs femmes, il se fait craindre de son épouse et de sa maison; sinon on le considère et on le traite avec mépris. Ce n'est qu'après six mois que la jeune femme peut se transporter dans la demeure de son mari et y habiter.

Une singulière superstition est attachée au retour d'un voyageur qui est allé au loin. On croit que son âme peut rester au pays étranger qu'il a visité, s'il y a laissé quelque affection. Aussi, quand il revient au logis, il doit s'arrêter à une distance de plus de trente lis et y attendre qu'un magicien soit venu le chercher et faire la cérémonie obligatoire en ce cas, et qui consiste en ceci : le voyageur ôte ses vêtements de dessous et les dépose dans une corbeille que lui présente le devin, et celui-ci, marchant le premier avec son fardeau, conduit ainsi le voyageur jusqu'à sa demeure. Cela tient l'âme enchaînée. Le peuple dit : « C'est pour que le voyageur retienne son âme en revenant au pays ».

Quand un parent meurt, ses enfants vont au bord de la rivière, les cheveux épars, et portant un vase qu'ils remplissent d'eau ; ils y jettent des monnaies de cuivre ou du papier; puis ils reviennent laver le cadavre. On appelle cela « acheter l'eau ». Ceux qui ne le feraient pas seraient tenus dans tout le voisinage pour des enfants dénaturés.

7. *Mœurs des Siao-Yao.* Nous ne dirons que quelques mots de ce peuple dont Ma-tuan-lin ne fait qu'une mention sommaire ; mais leur absence de notre tableau constituerait certainement une lacune regrettable. Cette peuplade, dont le nom signifie « nains noirs, au teint noirci par le soleil », habitait jadis au midi du Yun-nan, non loin de la Birmanie actuelle. Ils eurent des relations

avec l'empire au dernier siècle de l'ère ancienne et au siècle suivant.

Vers l'an 110 P. C., une troupe de plus de trois mille d'entre eux, conduits par leur chef, vinrent offrir de l'ivoire, des buffles et des bœufs domestiques, et demandèrent la protection de l'empire.

Leur taille était de trois pieds tout au plus. Ils habitaient des cavernes et aimaient à vagabonder. Les animaux sauvages les redoutaient, parce qu'ils sont d'habiles chasseurs.

Sur leur sol, les arbres et les plantes perdent leurs feuilles pendant que l'hiver règne en Chine, et bourgeonnent pendant l'été. Ainsi leur hiver est l'automne, et l'été le printemps.

Ces pygmées sont mentionnés dans les Annales dites de *Bambou* comme étant venus rendre hommage à l'empereur Yao, en l'an 2116 A. C., apportant en présent des plumes magnifiques. Au commencement de notre ère, ils avaient reculé jusqu'aux frontières de l'Indo-Chine. Aujourd'hui on les retrouve à la Nouvelle-Guinée et, si je ne me trompe, dans la presqu'île orientale des Indes. C'est une des branches de la race dispersée des Negritos que l'on rencontre encore en différentes régions très éloignées les unes des autres.

8. *Mœurs du Kiao-tchi* (p. 63). Comme ce tableau de mœurs sera le dernier que nous mettrons sous les yeux de nos lecteurs, nous lui donnerons un peu plus d'étendue qu'aux autres. Il a d'autant plus d'intérêt qu'il embrasse tous les points qui sont dignes d'attention. Il se rapporte à la fin du XIe siècle.

Le Kiao-tchi était gouverné par un roi qui se reconnaissait vassal de la Chine et se donnait à lui-même le titre de *Tien-tze,* bien qu'il eût accepté de la cour impériale celui de Ngan-nan, ou « protecteur général, tenant le midi en paix ». Le sceau royal portait *Nan Yue Kue*

Yin, « sceau du royaume de Nan-Yue ou du Yue méridional ». Sous ce prince était établie une hiérarchie complète de mandarins analogue à celle de la Chine, et l'on qualifiait ces fonctionnaires de « parents du roi, compagnons du roi céleste (1) ». Ils se divisaient en mandarins de l'intérieur ou civils, et mandarins de l'extérieur ou militaires.

Les charges s'y obtenaient par examen, hérédité ou payement d'une somme d'argent. Celles conférées après examen étaient estimées au-dessus des autres. Les charges supérieures ne pouvaient s'acheter. Les artisans, les esclaves et leurs descendants n'y étaient point admis, pas même par achat.

Les fontionnaires n'ont point de traitement, mais leurs administrés doivent cultiver leurs champs et leur fournir du poisson, ainsi que les services domestiques.

L'armée est divisée en compagnies de deux cents hommes, et celles-ci sont réparties en corps de troupes qui forment, en dernière analyse, les deux ailes de gauche et de droite.

Chaque soldat porte tatoué sur le front les caractères : *Tien-tze-ping*, c'est-à-dire « armée, soldat du Fils du Ciel ».

En temps de paix, tous vivent chez eux, occupés à l'agriculture ou à d'autres métiers. Ils sont convoqués une fois par mois pour les exercices et revues.

La solde des militaires se compose de trois cents sapèques et de deux pièces d'étoffe de soie et de coton qu'on leur donne le septième jour de l'an. Ils reçoivent en outre chaque mois dix mesures de grain ou de riz et, le premier jour de l'an, on régale l'armée en lui donnant des plats de riz et de poisson en daube.

Le premier jour de la première et de la quatrième lune, le chef de l'état tue un bœuf pour donner un banquet à ses ministres. Le cinq du septième mois est un jour de grande

(1) *Tien Wang*, ancien titre des souverains chinois.

fête ; on se donne des marques d'affection et d'estime. Les magistrats présentent des animaux domestiques au roi qui, le lendemain, les invite à un grand banquet.

Le roi habite un palais à quatre étages. Le rez-de-chaussée est son habitation à lui. Au premier et au second logent les grands officiers et les gens de la maison royale. Le troisième étage est réservé à de vieux militaires bien méritants. D'autres édifices s'élèvent tout autour ; ils sont vernis en rouge, et sur les piliers sont représentés des dragons, des cigognes, des immortels des deux sexes.

Tous les gens du Kiao-tchi, quel que soit leur rang, vont pieds nus et les cheveux relevés au-dessus de la tête. Le roi en fait autant habituellement ; seulement ses cheveux sont tenus par une aiguille d'or. Il porte une longue robe jaune et sur celle-ci une plus courte de couleur rouge. Les autres habitants portent une robe noire flottante, et sous elle une tunique noire serrée à la taille, une aiguille d'argent à la chevelure, des chaussures de peau traînantes et un chapeau en forme de cône. Ils tiennent un éventail de plumes de cigogne, parce que ces plumes sont réputées écarter les serpents. Le chapeau ressemble à un coquillage ; il est confectionné de fines ligatures de bambou.

Les femmes sont modestes et réservées, ce en quoi elles diffèrent extrêmement des hommes. Elles portent des robes vertes à col droit et larges manches, et des vêtements de dessous de couleur noirâtre.

Le roi sort dans un char traîné par des hommes. Les fonctionnaires supérieurs se font porter sur une forte étoffe soutenue par deux épais bambous, que deux serviteurs tiennent sur leurs épaules.

Ces gens ne sacrifient pas à leurs ancêtres, même aux grandes solennités de l'année. Quand ils sont malades, ils n'usent pas de médicaments. La nuit, ils n'allument point de lampes; ils restent dans l'obscurité.

Le troisième jour du troisième mois, les jeunes gens et les jeunes filles se réunissent et se mettent en rangs,

chaque sexe à part ; puis ils font une boule de soie de cinq couleurs et la jettent en l'air en chantant. Quand une jeune fille la saisit, le jeune homme qui l'a lancée la prend pour fiancée.

A la porte du palais est une haute colonne à laquelle est suspendue une cloche. Celui qui veut traiter une affaire tire à la cloche. A ce son on accourt ; souvent aussi il attire la partie adverse, et la cause est plaidée devant le prince. La sentence s'exécute tout de suite. Aux voleurs on coupe les doigts des pieds et des mains ; les déserteurs subissent l'amputation des mains et des pieds. Les organisateurs de rébellion sont enterrés vivants à mi-corps, le cou nu et tendu par des liens qui tiennent à une traverse de bambou attachée à deux pieux ; puis on les décapite et on plante leur tête au haut d'un pieu de bambou.

Si quelqu'un d'entre eux vient à mourir pendant qu'il voyageait en pays étranger, on flagelle son cadavre à grands coups, parce qu'on le considère comme ayant abandonné sa patrie, comme traître à son pays.

Le Kiao-tchi fournit de l'or, de l'argent, du cuivre, du cinabre, des huîtres à perles, des rhinocéros, des éléphants, des plumes bleues, des émeraudes, des parfums de tout genre, du sel, du vernis, du coton, des noix, du bétel.

Les habitants de ces régions ont peu d'instruction littéraire. Les gens du pays de Min (1) y viennent sur leurs vaisseaux ; ils les emploient pour gérer leurs affaires ; et les difficultés comme les troubles qui naissent des rapports, des traités, proviennent généralement de l'habilité de ces transfuges.

A la fin de cet exposé, Fan-chi-hou nous donne un renseignement très curieux, qui nous apprend d'une nouvelle manière comment le caractère spécial des populations s'est effacé presque entièrement. A l'époque où

(1) Le *Fo-kien* actuel.

écrivait notre auteur, c'est-à-dire à la fin du XIIe siècle, la population de ces contrées lointaines était en partie composée de Chinois, ou, comme le dit Fan-chi-hou, de gens des provinces de l'empire. Mais ces Chinois y avaient été amenés par la force. « Des trafiquants de chair humaine attirent par de belles promesses des Chinois des deux sexes et les conduisent dans les régions barbares où ils les garrottent et les vendent comme esclaves. On les achète pour deux onces d'or par tête et on les revend pour trois onces au Kiao-tchi. On les conduit le dos lié sur une planche ou à un char de manière à ce qu'ils ne puissent reconnaître le chemin par où ils sont venus. Revendus, ils sont esclaves à perpétuité. On les tatoue au front ou à la poitrine, selon le sexe, afin de les marquer du sceau indélébile de la servitude.

» Le nombre de ces malheureux s'élève à plusieurs centaines de mille. Mais ce ne sont pas les seuls Chinois que l'on rencontre dans ce pays : on y trouve encore une foule de lettrés, de bonzes, de Taoshe et de réfugiés de toute sorte qui sont venus y chercher un asile. »

Ainsi se préparait et s'opérait la fusion qui effaça peu à peu les traits distinctifs des différentes populations de l'Empire du Milieu.

Notons enfin ce trait curieux, qui nous présentera l'état des choses au XIIe siècle sous un jour nouveau.

En 1172, le Ngan-nan voulut envoyer une ambassade à la cour de Tai-tsong pour le féliciter de son heureux règne ; l'empereur la fit retenir à la frontière et ne voulut accepter qu'un dixième des présents qui lui étaient destinés. Par contre, il voulut faire acheter au Kiao-tchi dix éléphants destinés au grand sacrifice du Ciel ; à leur tour, les barbares refusèrent de vendre ce que le monarque chinois désirait. Après divers refus de part et d'autre, Tai-tsong consentit enfin à recevoir l'ambassade et ses dons de félicitations. Elle amenait quinze éléphants couverts de tant d'ornements que le corps de ces animaux

était invisible. Ce n'était partout que lames et plaques d'or. Chacun des éléphants portait un palanquin tout couvert d'or et garni de coussins richement brodés ; une échelle de laque rouge servait à y monter. Des clochettes de cuivre doré pendaient au cou et aux pieds de ces animaux. Leur aspect était éblouissant. Avec cela de riches présents en perles, en parfums, en gongs d'or et d'argent et autres objets précieux. Pour des barbares, ce n'était pas trop mal, et les costumes de ces ambassadeurs répondaient par leur luxe à la richesse de ces présents.

En recevant ces envoyés, le Haut Commissaire impérial les traita comme s'il était l'égal de leur roi et que le Kiao-tchi fût une province de l'empire.

Nous terminerons cet exposé par quelques traits puisés çà et là et de nature à intéresser quelque peu les ethnographes.

« Les naturels du Ngai-lao ont tous le nez percé et les oreilles pendant jusqu'aux épaules. Leurs chefs les ont si allongées qu'elles descendent encore trois pouces plus bas. » Si cela est vrai, ce doit être le fruit d'un travail artificiel.

Ce que leur pays renferme de plus remarquable, c'est l'animal appelé *Sing-sing*, auquel on attribue le langage humain et des rapports de société. Il paraît que c'est une espèce de singe dont le grognement répété de l'un à l'autre semble être une sorte de langage. On désigne comme tel le *Rhinopithecus toxellana*, trouvé au Sze-tchuen. Quand on met un vase de vin près du lieu qu'il habite, il s'en approche d'abord pour s'enfuir aussitôt avec défiance, puis revient, en goûte et finit par s'enivrer. Cette pantomime est accompagnée de grognements que l'on traduit en paroles humaines. De là la fable des animaux parlants.

Citons enfin cette scène d'une ambassade du Ye-lang qui fut reçue par Tai-tsong en l'an 1007. L'empereur interrogea lui-même les envoyés, qui lui répondirent, par interprètes, ce qui suit :

« Chez eux, les habitants étaient divisés par groupes de deux à trois cents familles auxquels présidaient dix chefs. Les meurtriers n'étaient point punis de mort ; il leur suffisait de se faire bonzes ou solitaires (Taoshe) pour se racheter de la peine. Ils cultivaient les différents genres de céréales et surtout le riz. Leurs armes étaient l'arbalète de bois, qui leur servait à la chasse pour tuer les cerfs et les daims dont ils faisaient leur nourriture. La ville royale était entourée de murailles simples sans fortifications ; les autres n'avaient qu'une enceinte de murs peu élevés. »

Après ces explications, l'empereur voulut voir les danses et entendre les chants nationaux de ces barbares. L'un d'eux souffla dans une sorte de flûte de Pan dont les tuyaux étaient enfoncés dans une calebasse et qui rendait le son d'un bourdonnement de grosses mouches, et les danseuses, au nombre de trente ou quarante, se mirent à exécuter une ronde en se tenant par la main et frappant du pied la terre pour battre la mesure. Ils dirent que cette musique s'appelait le chant de l'eau.

Ces envoyés étaient au nombre de dix et plus, avec une suite de plus de mille officiers. Tous avaient une longue chevelure noire, le visage et les yeux noirs semblables à ceux des grands singes. Les chefs ambassadeurs portaient des habits d'étoffe de feutre et de peau de tigre, et une queue de tigre ornait leur tête.

Mais nous ne pousserons pas plus loin nos recherches. Ce qui précède suffit amplement pour donner aux ethnographes une idée complète des populations du midi de la Chine, de leur origine, de leurs mœurs, de leur civilisation.

Tout ce que nous venons d'en dire se rapporte au commencement du XIIIe siècle. Depuis ce temps, la conquête mongole a écrasé toutes les résistances, nivelé toutes les autorités, et les royaumes du midi ont été réduits à l'état

de provinces chinoises ; les mœurs et la langue chinoises s'y sont peu à peu introduites, les Chinois eux-mêmes s'y sont infiltrés de plus en plus et une certaine assimilation s'est produite, de telle façon qu'il n'est plus facile de distinguer les races les unes des autres.

Les types ethnologiques diffèrent néanmoins, et les personnes qui ont résidé en Chine pendant un temps notable savent reconnaître les habitants des différentes provinces et régions, rien qu'à leur extérieur et à leurs manières.

Ainsi donc l'assimilation n'est point complète. Malgré tous les efforts de la puissance chinoise, il y a encore au Kuei-tchéou, au Sze-tchuen et au Yun-nan principalement, des populations qui, retirées dans leurs montagnes, vivent absolument indépendantes et défient toute la puissance d'un empire de quatre cents millions d'hommes.

Au *Kuei-tchéou,* ce sont les Miao-tze, ces fiers descendants des ennemis des Yao et des Shun au XXIIIe siècle avant notre ère. Leur place est encore marquée sur la carte en plusieurs endroits, sous la dénomination de *Sing Miao-tze.*

Au *Yun-nan,* ils sont encore très nombreux, bien que les cartes géographiques ne les mentionnent point. Ils peuplent les hautes montagnes du nord du Yun-nan appelées Liang-shan, perpétuellement couvertes de neiges et de glace, dont le maïs et le blé noir, les troupeaux de chèvres et de moutons forment tous les produits, tous les moyens de subsistance de leurs habitants. Ceux-ci, que l'on appelle encore *Man-tze* comme leurs ancêtres, ont conservé leurs mœurs sauvages. Les querelles, les guerres d'extermination sont fréquentes chez eux. Le maître y a droit de vie et de mort sur les membres de sa famille comme sur ses esclaves. La polygamie et le désordre y règnent sans limites.

En eux on retrouve ces intrépides montagnards qui

couraient le long des précipices et gravissaient les pics escarpés comme des panthères ou des gazelles.

Aujourd'hui encore ils sont la terreur des campagnes avoisinantes, où ils font des irruptions subites pour piller, tuer ou faire des esclaves. Les armées chinoises les redoutent et n'osent se mesurer avec eux ; il leur serait, du reste, impossible de les poursuivre dans des montagnes où l'on ne peut pénétrer que par d'étroits sentiers.

Outre ces montagnards du Liang-shan, il y en a encore d'autres au sud-ouest dans le district de *Chun-ning-fou,* qui, sans avoir les mœurs cruelles des Man-tze, ne sont pas moins sous d'autres rapports éloignés de toute civilisation. Ils vont encore pieds nus, les cheveux en désordre, enveloppés dans une simple pièce de toile. Ils mangent avec les doigts et se nourrissent des aliments les plus dégoûtants.

Ces sauvages ne forment pas la seule masse de population qui détonne sur le reste de la province. Une autre tribu portant le nom de *Lolo* en occupe la partie occidentale, se distinguant entièrement de ses voisins de l'est par la langue, l'écriture, les pratiques religieuses et même par un ensemble de lois qui lui est exclusivement propre et une organisation de police toute particulière. Elle se rattache aux habitants du nord de la péninsule orientale des Indes, spécialement du Pegou et de l'Ava, et provient certainement de la même race. Elle formait jadis avec eux le royaume de Piao-li, sur lequels Ma-tuan-lin nous

(1) Voici la description du manoir d'un chef lolo. D'abord une muraille épaisse de cinq pieds et haute de vingt à l'extérieur ; puis une cour élevée de seize pieds et tenue en bon ordre. Au fond de la cour s'élève une sorte de castel en pierres de taille, long de trente pieds, mais n'ayant que le rez-de chaussée auquel on arrive par un large perron de dix à douze degrés.

Les appartements ont de larges fenêtres et de grandes portes à deux battants. A gauche et à droite, de vastes dépendances où logent et travaillent tout un monde de serviteurs et d'hommes d'affaires, des écuries et étables bien peuplées. M. Pourias nous affirme en outre que toutes les habitations des chefs lolos sont placées dans des sites pittoresques, que de vastes parcs et des forêts encadrent de manière à donner au tout un aspect grandiose.

donne des renseignements étendus que nous n'avons pas cru devoir reproduire, parce que cela nous aurait entraîné en dehors des limites de notre sujet.

Quant au gros de la population, l'assimilation n'a point été telle qu'elle efface toute différence. Les habitants du Yun-nan ont conservé un caractère de vaillance qui fait défaut au reste de l'empire ; d'autre part leurs mœurs sont plus douces, plus rationnelles. Les femmes n'y sont pas condamnées à une clôture perpétuelle, mais circulent dans les rues et les lieux publics.

Ils ont aussi la coutume de brûler les morts comme aux Indes. Les habitant du district de Kiu-tsin-fou, à l'est de la province, sont signalés comme spécialement amateurs de procès, fins et retords comme des Normands.

Le *Kuang-si* et le *Kuei-tchéou* renferment les nations des Miao-tze indépendants dont il a été question plus haut et qui ont été précédemment l'objet, dans cette *Revue*, d'une monographie qui nous dispense d'y revenir (1).

La première de ces deux provinces contient en outre deux régions au nord et au centre occupées par des tribus sauvages appelées *Tchuang Koleu*, dont les mœurs se rapprochent de celles des Man-tze, et qui n'obéissent pas davantage aux autorités chinoises. Les monts du *Kuei-ling-fou*, tout à l'est, sont également en leur possession (2).

En outre, l'arrondissement de She-tchéou-fou, à l'est du Kuei-tchéou, a une population de sauvages robustes et entreprenants, ignorant jusqu'à l'écriture. Comme leurs ancêtres, ils vont les cheveux épars, nu-pieds, les pieds durcis par la brûlure au point de courir sur les épines et les rocs sans se blesser. Toutes les chaînes de montagnes

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1re série, tome XXVII, avril 1890, pp. 289 et suiv. : C. de Harlez, *Les Miao-tzé ou montagnards de la Chine.*

(2) Quant aux populations du Sze-Yuen-fou au midi, c'est seulement depuis une couple de siècles qu'elles ont commencé à se civiliser. Plus au nord, au Kin Yuen-fou, jusqu'au Sze-tchuen, les montagnes abritent encore des tribus à demi sauvages.

de l'est ont des habitants qui ont conservé les mêmes mœurs.

Le *Sze-tchuen*, outre ses tribus indépendantes de l'ouest simplement tributaires, en compte encore d'autres à demi sauvages qui habitent les hauteurs de la partie septentrionale du Kuei-tchéou-fou à l'extrémité de la province.

Toutes ces tribus barbares ou demi-sauvages descendent des peuples dont nous avons décrit l'état social et politique au XIIIe siècle. Assigner à chacune d'elle sa descendance directe est une tâche que le manque de renseignements ne permet pas de remplir. En outre, les continuels déplacements de ces peuplades rendent très dangereuses les filiations établies au moyen des données géographiques.

Nous ne l'entreprendrons point cette fois, nous réservant d'y revenir si des études ultérieures pouvaient nous assurer contre des erreurs inévitables jusqu'à ce jour. Nous avons fourni les premiers jalons à une détermination des conditions ethnologiques du midi de la Chine. De nouvelles découvertes pourront seules permettre d'achever ce travail.

C. DE HARLEZ.

MORSURES ET PIQÛRES VENIMEUSES [1].

I.

DÉFINITION DES VENINS.

« Avant que d'entrer sur le discours de la nature des bestes venimeuses et venins, il me semble qu'il est necessaire d'entendre premierement que c'est que venin : à fin que deduisans ceste matiere, nous ne soyons arrestez en un plain propos. »

Ainsi parlait en 1568 Jean Grevin de Clermont, médecin à Paris, à la première page de ses « *Deux Livres des Venins, ausquels il est amplement discouru des bestes venimeuses, thériaques, poisons et contrepoisons* ».

A part que je n'ai pas le fâcheux dessein d'amplement discourir, le titre du vieux « physicien » me conviendrait à peu près pour désigner le plan de ce petit travail, où il sera question de la nature des venins, des organismes les plus remarquables qui le produisent, des effets de l'envenimation, et de ses remèdes.

Jean Grevin me permettra donc de lui emprunter sa première phrase, et de chercher à son exemple, « avant d'entrer sur mon discours », à bien m'entendre avec mon lecteur sur le sens du mot venin.

C'est d'ailleurs le seul vol que je me permettrai de faire

(1) Conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, dans son assemblée générale, le jeudi 24 octobre 1895, au Collège Notre-Dame, à Tournai.

dans ses *Deux Livres des Venins ;* je ne lui prendrai pas même sa définition savante et compliquée, ou du moins je ne la rapporterai que pour le plaisir de citer : « Le venin considéré en soy, dit-il, est une chose non naturelle, laquelle entrée dans le corps humain est cause ou d'une entiere corruption, ou d'une tres grande offence en iceluy: et ce ou par une qualité excessive, ou par une propriété naturelle et cachée, ou bien par une totalle conjuration et commun consentement de sa nature. »

C'est que la science a quelque peu changé depuis le temps de Jean Grevin, et je m'imagine que ses idées sur les venins, puisées dans la lecture d'Hippocrate, Nicandre, Dioscoride, Théophraste et Galien, plutôt que dans l'observation de la nature, seraient fortement bouleversées s'il lui était donné de sortir aujourd'hui de son grand sommeil pour étudier les travaux de Redi, Fontana, Duméril et Bibron, Mitchell, Claude Bernard, Kaufmann, Viaud-Grand-Marais, Phisalix et Bertrand, et tant d'autres, ou même seulement pour parcourir ces quelques pages dans lesquelles j'ai résumé les travaux de ces savants.

Laissant donc de côté la définition de Grevin, je proposerai celle-ci, qui me paraît moins prétentieuse et plus précise : Un venin est un produit de sécrétion toxique dont certains organismes sont pourvus pour l'attaque ou pour la défense.

Cette définition ne permet pas, évidemment, de confondre le venin avec le *poison,* qui est une substance toxique quelconque, fût-elle minérale. Elle le différencie aussi du *virus,* qui, d'après l'acception actuelle du mot, est un produit ou un ensemble de produits toxiques d'excrétion des microbes, toxalbumines et ptomaïnes. Nous aurons cependant plus loin un curieux rapprochement à faire entre les venins et les virus.

Le sens du mot venin une fois bien précisé, l'objet de notre étude est par là-même nettement défini, et nous

pouvons l'aborder sans crainte d'être « arrestez en plain propos » par quelque confusion.

L'ordre logique de notre matière, celui qu'a suivi Jean Grevin, demanderait peut-être qu'après nous être entendu avec le lecteur sur le mot, nous nous expliquions complètement sur la chose en étudiant d'abord la nature des venins ; mais il sera plus aisé de commencer par en rechercher la production par les organismes venimeux, et par en suivre les effets dans les animaux inoculés : avant d'étudier un objet en lui-même, il faut d'abord connaître son origine et savoir où le trouver, et il convient aussi de chercher à déduire sa nature de la connaissance qu'on a acquise de ses propriétés.

II.

LES ORGANISMES VENIMEUX.

Où donc, d'abord, chercherons-nous nos matériaux d'étude ? Quels sont les organismes producteurs de venin ? Nous ne tenterons pas d'en dresser une énumération complète et fastidieuse, car, hélas ! les êtres venimeux sont si nombreux qu'on ne peut faire quelques pas à travers notre pauvre monde sans en frôler beaucoup plus qu'on ne le voudrait... Mais, malgré ses désagréments, la recherche en est pourtant assez curieuse, et l'on nous permettra de nous attarder à en présenter les types les plus remarquables.

Le parcours de cette collection sera d'ailleurs d'autant plus intéressant, que nous y ferons connaissance avec différents modèles d'appareils venimeux et avec divers procédés naturels d'inoculation de venin.

Peut-être quelques lecteurs s'étonneront-ils que nous citions pour commencer des exemples tirés du règne

végétal. Des végétaux venimeux !... Ne va-t-on pas même me reprocher un solécisme ? Mais il faut bien que j'affronte l'accusation, et malgré le respect que je professe pour la délicatesse de la langue française, si exigeante de la propriété des termes, force m'est de considérer les Orties non comme des substances vénéneuses, mais comme des organismes venimeux.

Les Orties ne sont point vénéneuses ; j'avouerai même qu'une salade d'Orties, cuites suivant certaines règles culinaires que l'on connaît au pays flamand, n'est pas un mets à dédaigner. Mais les Orties sont véritablement venimeuses : elles sécrètent pour leur défense un produit dont l'inoculation provoque des effets toxiques. Tout le monde connaît cette piqûre brûlante qui menace ceux qui s'en prennent aux Orties. Ce que l'on connaît moins, dans nos pays, c'est que toutes les Orties ne se contentent pas d'une représaille relativement bénigne contre la main qui veut les malmener ; certaines Orties des pays chauds sont plus redoutables, et les botanistes leur ont donné des noms dignes d'elles : c'est l'*Urtica ferox*, de la Nouvelle-Zélande, l'*Urtica gigas*, l'*Urtica urentissima* de Java, dont la piqûre engendre les plus graves accidents : tantôt des douleurs intolérables, dont les suites peuvent durer des années, tantôt le tétanos, et la mort.

L'appareil venimeux de nos Orties communes est d'une admirable délicatesse : c'est une cellule épidermique transformée en un poil tubuleux ; l'extrémité de ce poil est aiguisée en une pointe excessivement ténue, incrustée de silice, tandis que sa base, recouverte par les cellules épidermiques voisines, est renflée en ampoule.

Dans cette ampoule s'accumule de l'acide formique, sécrété par les parois mêmes de la cellule. Qu'un doigt imprudent vienne à toucher maladroitement la pointe siliceuse du poil, cette pointe, véritable aiguille de cristal, traverse la peau et s'y brise ; mais en même temps la

tige du poil, sous la pression du doigt, s'enfonce dans la cavité de l'ampoule, et force la gouttelette d'acide à s'éjaculer dans la plaie par le tube brisé.

Ce seul exemple d'une plante venimeuse nous suffira, car il peut servir de type général : c'est d'après le même plan que sont construits les poils urticants des plantes de la famille américaine des Loasées, ceux du *Jatropha manihot*, cette autre plante américaine qui fournit le tapioca, et en général les appareils de défense des quelques plantes venimeuses que l'on connaît.

Les animaux venimeux sont beaucoup plus nombreux, et, pour procéder avec ordre, nous en signalerons les principaux types en parcourant successivement les différentes classes du règne animal.

On ne connaît aucun Mammifère et aucun Oiseau venimeux.

Quelques voyageurs avaient, il est vrai, décrit un appareil venimeux chez l'Ornithorynque, cet animal bizarre que l'Australie réservait comme une de ses nombreuses curiosités naturelles à ses explorateurs. Et le fait est que l'Ornithorynque mâle porte aux pattes postérieures un ergot pointu creusé d'une rainure qui est en rapport avec une glande particulière ; mais un examen plus attentif a montré que le produit de cette glande n'est pas vénéneux, et que l'organe entier n'est qu'un accessoire de la fonction de reproduction.

La troisième classe des Vertébrés, celle des Reptiles, est au contraire si richement représentée dans la collection des animaux venimeux, que l'opinion vulgaire a toujours associé l'idée de venin à celle de Reptile. Mais l'opinion vulgaire est souvent injuste, parce qu'elle généralise ses jugements au delà de ce qu'elle connaît : elle s'imagine que tous les Serpents sont venimeux, et elle prend tous les Reptiles pour des Serpents. En réalité, des quatre ordres qui composent la classe des Reptiles : les

Tortues, les Crocodiles, les Lézards et les Serpents, le dernier seul — ou presque seul — renferme certains êtres à venin.

L'ordre presque seul des Serpents, dis-je. C'est qu'en effet on connaît aussi un Lézard venimeux : l'Héloderme horrible *(H. horridum)*, vivant sur la côte Pacifique du Mexique. L'aspect hideux de l'Héloderme horrible justifie son triste nom : long de plus d'un mètre, hérissé de tubercules sur sa tête trapue et sur le dos, on le rencontre le soir et la nuit comme une apparition diabolique, traînant lentement son gros ventre sur des pattes maladroites ; quand on l'approche, il se fâche, cherche à mordre et, pour y parvenir, il se renverse sur le dos dans une contorsion maladroite, en bavant une écume gluante et fétide. Cet être bizarre est malheureusement encore mal étudié, et nous ne connaissons de son appareil venimeux que l'analogie de ses dents canaliculées avec celles des Serpents.

Quant aux Serpents eux-mêmes, tous ne sont pas venimeux : les Boas et les Pythons, par exemple, dont la renommée est si terrible, ne possèdent pas de dents à venin, et leur procédé d'attaque consiste simplement à enrouler leur victime et à l'étouffer.

Quoique ces bonnes bêtes ne se rattachent pas directement à notre étude, disons en passant qu'elles valent bien mieux que leur réputation : il y a encore à leur sujet une de ces injustices de l'opinion populaire si difficiles à réparer. Je les appelle de bonnes bêtes, et vraiment elles méritent ce nom : elles n'attaquent que pour se nourrir, et ne s'en prennent qu'à des animaux de taille relativement petite, des volailles, des Pécaris, de petites Antilopes ; il faut reléguer dans les domaines de l'imagination ces descriptions émouvantes de luttes entre des Serpents et des Chevaux ou des Buffles. Aucun Serpent n'est de taille à avaler une pareille proie, et l'on sait qu'ils ne peuvent dépecer leurs victimes, mais doivent les ingurgiter d'une pièce.

Il est rare qu'un Boa ou un Python attaque un homme ou même un enfant : la plupart du temps, ils fuient l'approche. Et, franchement, si parfois je trouve dans quelque récit de voyageur l'histoire d'une lutte homérique avec un Constrictor, je commence par mesurer mentalementla distance qui sépare mon pays du lieu du combat, — car on sait que l'élément héroïque de ces récits croît en raison directe du carré des distances ; — ensuite je découvre d'ordinaire que, dans ce genre d'aventures, c'est l'homme qui « a commencé », et cela me fait naturellement prendre le parti du Serpent.

Les Serpents non venimeux sont donc le plus souvent inoffensifs. Bien plus, ils sont utiles et, dans beaucoup de pays, ils sont tolérés et protégés dans les habitations et jusque dans les chambres à coucher, pour les services qu'ils rendent en détruisant les rats et les autres animaux malfaisants : c'est le cas au Brésil pour le *Boa constrictor*.

Un fait semblable se passe aux Philippines. M. Cartuyvels, autrefois consul général à Manille, m'a raconté que les indigènes aiment à posséder chez eux un énorme Serpent, qui loge d'habitude dans les combles, et pour lequel ils professent les mêmes sentiments protecteurs que les habitants de nos campagnes pour les hirondelles de leur toit.

Enfin ces êtres sont pacifiques de leur nature, comme le sont d'ordinaire les géants, et, pour en donner un dernier trait, je citerai ce joli tableau d'intérieur que j'emprunte à un naturaliste bien connu pour ses travaux sur les Reptiles : « Je conservais, dit Sumichrast, plusieurs Boas vivants et tout à fait en liberté dans la cour de mon habitation ; ils ne se mettaient guère en mouvement que la nuit et ne sortaient que pour se soleiller sur la toiture... Ces Boas étaient si bien faits à notre société, que mes petites filles, âgées l'une de sept ans et l'autre de neuf ans à peine, jouaient avec eux, les tiraillaient, sans que

jamais ils cherchassent à châtier d'un coup de dent ces libertés d'un âge sans pitié. »

Après ce court plaidoyer en faveur des grands Serpents, je me reprocherais d'oublier une autre victime du préjugé, les innocentes Couleuvres de notre pays. Elles non plus ne peuvent nuire, puisqu'elles n'ont point de dents venimeuses ; mais je n'ose guère affirmer qu'elles nous rendent de vrais services, car si elles dévorent quelques petits rongeurs de nos campagnes, d'autre part elles ne se font pas scrupule d'avaler de petits Oiseaux, des Crapauds et des Grenouilles. Tenons-les pour des êtres indifférents, et ne les persécutons pas, ne fût-ce que par égard pour leur gracieuse souplesse.

Je pourrais citer un grand nombre d'autres Serpents non venimeux, mais j'ai hâte de revenir à l'objet propre de notre étude.

Si les Serpents non venimeux sont des êtres peu nuisibles à l'homme, il en est tout autrement de ceux que la nature a pourvus d'un appareil à venin. Il est peu d'animaux plus redoutables, et quelques chiffres en porteront un témoignage effrayant : des statistiques, dressées par les soins du gouvernement dans les Indes anglaises, — on sait que c'est une région « privilégiée » quant à l'abondance des Reptiles, — établissent que dans la seule présidence du Bengale, pendant l'année 1869, il mourut 6219 personnes à la suite de morsures de Serpents ; pendant l'année 1880, le nombre des victimes pour les Indes anglaises entières fut de 19060 ; en 1881, de 18610. En comparaison de ces ennemis terribles, les Tigres et les Panthères des jungles ne sont que des animaux inoffensifs, et l'on en saisit assez facilement la raison : c'est que les grands fauves s'aventurent peu dans les villes et les villages, tandis que rien n'est plus commun, dans les pays infestés de Serpents venimeux, que de rencontrer ces Reptiles dans les jardins les mieux tenus, et jusque dans les maisons.

Un de mes amis, qui a longtemps habité Shang-haï, m'a

rapporté que les habitants ont coutume, avant de se coucher, de parcourir toutes les chambres de leur maison en s'armant d'une lampe et d'une baguette pour chasser un petit Serpent venimeux qui s'y réfugie souvent ; on le découvre parfois jusque dans les couvertures de lit, mais habitué qu'on est à de semblables rencontres, on ne s'en émeut qu'à demi, et l'on se débarrasse de l'importun en lui brisant l'échine d'un fort coup de baguette.

Les Serpents venimeux n'attaquent cependant pas l'homme pour en faire une proie. Si les grands Ophidiens dont nous avons déjà parlé, les Boas et les Pythons, sont incapables d'avaler une masse aussi considérable que le corps humain, à bien plus forte raison ceux qui nous occupent maintenant reculeraient-ils devant un pareil repas, car les Serpents venimeux, en règle générale, sont d'une taille inférieure à celle des autres. Il ne faut donc voir dans les coups de dent qu'ils nous adressent, quand l'occasion s'en présente, que des mouvements de défense, parfois trop précipités, je le veux bien, mais en somme assez excusables à leur point de vue... Ce n'est pas que je veuille ici faire leur apologie de parti pris : j'avoue que ces animaux n'ont point ma sympathie, et même je concède volontiers qu'ils ont le caractère irritable, presque hargneux ; — mais il faut être équitable : ce n'est point de la méchanceté. J'ai souvent pensé, en étudiant l'histoire des animaux, que la méchanceté, c'est-à-dire l'amour de nuire pour le plaisir de faire souffrir, n'existe pas dans le règne animal, si ce n'est... faut-il nommer l'exception ? Tout le monde me devine, hélas ! c'est le seul animal qui comprenne que la méchanté est un mal, et cependant il est trop vrai qu'il est souvent bien méchant ! On m'a dit qu'il cherchait parfois même à se rendre venimeux...

J'aime mieux les Serpents.

Les Serpents venimeux se partagent en trois catégories, que les naturalistes ont étiquetées de noms grecs : les Solénoglyphes, les Protéroglyphes et les Opistoglyphes.

Les Serpents solénoglyphes sont les plus redoutables. Chez eux, l'os maxillaire supérieur, qui est gros et court, porte une dent recourbée en crochet et creusée d'un petit canal dans toute sa longueur ; le plus souvent, derrière ce crochet, il s'en trouve plusieurs autres rudimentaires, destinés à le remplacer lorsqu'il se brise, ou lorsqu'il tombe normalement, ainsi que cela a lieu périodiquement dans plusieurs espèces. Ce remplacement se fait avec une rapidité extrême : en quelques jours, un crochet brisé ou tombé se trouve remplacé.

Ajoutons que la mâchoire des Serpents venimeux porte en outre un assez grand nombre d'autres dents, mais qui ne sont point canaliculées, et ne jouent aucun rôle dans l'injection du venin. A la pointe du crochet, qui est très acéré, le canal s'ouvre par une petite fente ; à la base de la dent il entre en communication avec le canal excréteur de la glande venimeuse. Celle-ci n'est qu'une glande salivaire transformée ; très développée, elle est située en dessous de l'œil, et se prolonge en arrière ; dans quelques espèces, elle s'étend jusqu'au-dessus des premières côtes ; une capsule fibreuse l'enveloppe, comme toutes les grandes glandes.

Au repos, c'est-à dire quand la bouche est fermée, l'os maxillaire est dans une position telle que le crochet, dirigé en arrière, est couché le long de la lèvre supérieure dans une sorte de gouttière formée par la gencive. Mais, chez tous les Serpents, les os des mâchoires sont tous mobiles les uns sur les autres, et lorsque l'animal ouvre largement la bouche pour mordre, l'os maxillaire pivote automatiquement sur les voisins, de façon que le crochet se redresse perpendiculairement à la mâchoire supérieure.

A ce moment, l'aspect de l'animal est véritablement terrifiant : le cou est replié en arrière, et l'on devine dans la position de tout le corps que l'animal est bandé comme un ressort. La gueule est ouverte sous un angle tellement obtus que les deux mâchoires forment une ligne presque

droite, et, au sommet de la mâchoire supérieure, les deux crochets se dressent menaçants. Le Serpent semble viser le corps de son ennemi à l'endroit favorable, puis, brusquement, avec la rapidité de l'éclair, le ressort se débande, et les deux crochets vont s'implanter dans la chair de la victime. En même temps, les muscles de la mâchoire supérieure ont comprimé avec violence les deux glandes venimeuses, et le produit toxique pénètre dans la plaie par les canaux des crochets. Aussitôt le Serpent retire vivement la tête en arrière, prêt à frapper de nouveau si le premier coup ne lui paraît pas suffisant. Une Vipère plonge ainsi sa dent meurtrière jusqu'à cinq ou six fois de suite dans le corps dont elle fait sa proie. Après l'inoculation du venin, le Reptile attend toujours la mort de sa victime avant de commencer à l'avaler.

La description que nous venons de faire s'applique aussi bien aux Serpents protéroglyphes qu'aux solénoglyphes, à part ce détail, que chez les premiers les crochets ne sont pas tubuleux, mais seulement sillonnés d'une gouttière sur la face antérieure; disposition facile à rattacher à la première par une considération embryologique : le canal des Solénoglyphes n'est que le développement de la gouttière des Protéroglyphes, par la soudure antérieure des bords de cette gouttière.

Le canal et la gouttière ont d'ailleurs la même fonction : c'est par la gouttière que s'inocule le venin des glandes. Il faut ajouter que celles-ci sont moins développées chez les Protéroglyphes que chez les Solénoglyphes.

Enfin les Opistoglyphes, quoique venimeux, sont à peine à craindre: la disposition de leurs crochets, reculés derrière les autres dents non venimeuses, les rend presque incapables d'une morsure dangereuse, et leurs glandes venimeuses sont d'ailleurs peu développées. Il résulte de cette disposition des dents que la victime des Serpents opistoglyphes ne reçoit la morsure venimeuse qu'au moment où le Serpent commence à l'avaler.

Je ne pourrais sans fatiguer le lecteur mentionner ne fût-ce que les principaux représentants du groupe des Ophidiens venimeux. Je me bornerai à en citer quelques exemples choisis dans la multitude.

Le type du Serpent venimeux s'observe dans la tribu des Crotalidés, de la famille des Solénoglyphes. C'est dans cette tribu qu'on rencontre les Crotales ou Serpents à sonnette, les Trigonocéphales, le fameux Fer de lance, et d'autres Reptiles redoutables propres à l'Amérique tropicale ou au sud-ouest de l'Asie.

Le Fer de lance *(Bothrops lanceolatus)* est peut-être le plus redouté de tous les Serpents. La Martinique est sa vraie patrie, et il infeste cette île avec une abondance qui en fait un fléau : dans une seule plantation, on y tua en une année 600 de ces Reptiles. Le Fer de lance peut mesurer deux mètres de long ; ses crochets, extrêmement acérés, atteignent jusqu'à un centimètre et demi. Sa blessure est presque toujours mortelle, et tue parfois avec une rapidité presque foudroyante, tandis que d'autres fois elle engendre des accidents qui durent des années et conduisent lentement au tombeau.

Les Vipères sont les principaux représentants des Solénoglyphes dans l'ancien continent, comme les Crotales le sont spécialement dans l'Amérique.

La plus intéressante est la Vipère péliade *(Vipera berus*, syn. *Pelias berus)*; de tous les Serpents, c'est celui dont le domaine géographique est le plus étendu : on le rencontre depuis les côtes de l'Atlantique jusqu'en Mongolie, et depuis les sables brûlants de l'Afrique jusqu'au delà du cercle polaire. C'est dire qu'il sévit aussi en Belgique, dont il est d'ailleurs le seul Reptile venimeux. Moins svelte dans ses formes et plus lente dans ses mouvements que nos Couleuvres, la Vipère s'en distingue encore par sa tête triangulaire, et par quelques caractères tirés de la disposition des écailles. Quoiqu'elle ne s'attaque guère qu'aux petits rongeurs des champs,

dont elle se nourrit, elle n'est pas sans danger pour l'homme, lorsqu'on l'attaque ou qu'on l'effraie : sa morsure engendre des accidents très douloureux, et qui pourraient même être mortels chez les enfants. Nous y reviendrons plus loin avec quelques détails.

Moins venimeux que les grands Solénoglyphes, les Protéroglyphes sont cependant encore de très redoutables Reptiles, et tout le monde a entendu parler avec effroi des Serpents de mer, du Serpent corail de l'Amérique du Sud, des Cobras ou Serpents à lunettes des Indes.

Les Serpents de mer *(Platurus, Pelamys, Hydrophis,* etc.) présentent un remarquable exemple de l'adaptation de l'organisme à son milieu : leur queue est comprimée transversalement pour la natation, leur narines peuvent se fermer complètement, leurs yeux sont conformés pour voir sous l'eau, leur vaste poumon peut contenir une énorme provision d'air de façon à permettre un séjour prolongé dans les profondeurs. La mer est si bien leur élément que, si quelque accident les met à sec, on les voit, à demi aveuglés, se traîner sur le sol avec autant de maladresse qu'ils possédaient d'agilité dans l'eau, et périr misérablement en un jour ou deux.

Les victimes ordinaires des Serpents de mer sont naturellement les Poissons, mais il n'est que trop fréquent que les pêcheurs en retirent dans leurs filets et payent de leur vie le malheur de les avoir troublés ; ces trouvailles funestes sont d'autant plus redoutables que les Serpents marins, — à l'encontre des espèces terrestres, — vivent ordinairement en troupes nombreuses, de telle sorte qu'un seul coup de filet peut amener dans la barque une véritable grappe venimeuse.

Les Serpents à lunettes *(Naja tripudians)* infestent les îles de la mer des Indes. Lorsque l'animal est excité, il se dresse, gonfle énormément la peau de son cou, qui est très extensible, et montre alors sur le dos de cette portion distendue un dessin d'écailles qui rappelle la forme d'un

binocle, d'où le surnom de l'animal. La morsure des Serpents à lunettes est presque toujours mortelle.

Les Opistoglyphes sont représentés en Europe par une espèce unique, qui habite le littoral méditerranéen, la Couleuvre de Montpellier *(Cœlopeltis insignitus)*. J'ai eu l'occasion d'observer longtemps un magnifique exemplaire de cette espèce à Montpellier même : elle était en captivité dans une salle de laboratoire où je passais presque toutes mes journées ; lorsqu'on s'approchait de sa cage de verre, elle se redressait ordinairement en sifflant ; mais ce n'était pas un être fort dangereux : un de mes compagnons d'étude ne craignait nullement de jouer avec elle et de s'en faire un collier.

Dans la classe des Batraciens, les Crapauds, les Salamandres et les Tritons portent des glandes cutanées venimeuses, parsemées sur le dos ; le Crapaud en porte également sur le côté dorsal des membres ; deux de ces glandes sont particulièrement développées sur les côtés de la nuque. Quoique le produit de ces glandes soit fortement toxique, et que leur sécrétion soit abondante, il est impossible, malgré le préjugé vulgaire, de considérer ces animaux comme dangereux, puisqu'ils n'ont aucun appareil pour inoculer leur venin. Ils nous sont au contraire éminemment utiles, en ce qu'ils dévorent — le Crapaud surtout — une grande quantité de Limaces, de larves, d'insectes, et d'autres petits ennemis de nos cultures.

Tout l'usage défensif que le Crapaud peut faire de son venin est de le faire suinter par gouttelettes sur sa peau, pour dégoûter ses ennemis. On a considéré les glandes venimeuses du Crapaud comme dépourvues de canaux excréteurs ; notamment MM. Phisalix et Bertrand, dont nous aurons tantôt à louer les beaux travaux sur les venins, paraissent partager cette idée commune (1).

Je pense que c'est une erreur, et je crois avoir bien

(1) Arch. de Physiol., juillet 1893, p. 511.

observé que les glandes dites parotidiennes du Crapaud sont en communication avec la surface libre de la peau par de fins canaux. Quoi qu'il en soit, le pauvre animal n'a rien de redoutable ; son venin ne peut agir qu'en pénétrant soit dans les voies digestives, soit directement dans le sang ; il peut bien aussi irriter les muqueuses, mais il est sans action sur la peau (1).

On a cité des Poissons venimeux, notamment la Vive *(Trachinus)*, la Pastenague *(Trigon)*, le Chabot *(Cottus)*, le Diable de mer *(Scorpaena)*, et quelques autres. Mais il faut faire une distinction entre ces animaux : un grand nombre de Poissons, les Diables de mer, les Chabots, etc., ont les rayons des nageoires terminés en pointe acérée, ou portent même de véritables épines en quelques points du corps ; lorsque ces pointes font une blessure, celle-ci peut être excessivement douloureuse, parce qu'il y pénètre un peu du mucus que sécrètent normalement les glandes cutanées de la plupart des Poissons ; mais on ne peut guère considérer ces glandes et ces appareils comme venimeux. Certains Poissons au contraire ont un véritable appareil venimeux : telle est la Vive, qui porte sur chaque opercule une épine sillonnée de deux gouttières déversant le produit d'une glande à venin. Les pêcheurs des côtes belges connaissent et redoutent cette arme vraiment dangereuse; ils s'empressent de l'arracher au moment où ils retirent le Poisson de leur filet.

C'est à peine si nous connaissons des représentants venimeux de l'embranchement des Mollusques. Nous nommerons cependant pour mémoire les Cônes *(Conus)*, dont les nombreuses espèces fournissent de si jolies coquilles aux collectionneurs ; la langue des Cônes porte une ou deux dents reliées par un large canal excréteur à une grosse glande venimeuse.

(1) Je parle de la peau humaine : les Grenouilles, dont la peau ressemble à une muqueuse, s'empoisonnent au contact des Crapauds.

L'embranchement des Articulés nous présenterait les plus nombreux sujets d'étude dans les classes des Insectes, des Myriapodes et des Arachnides. Mais cette richesse même est désespérante, et c'est ici surtout qu'il faudra nous restreindre.

La seule classe des Insectes mériterait une longue étude spéciale au point de vue qui nous intéresse. Je me borne à regret à décrire en abrégé deux types d'Insectes venimeux : l'Abeille et la Nèpe.

Il est assez étonnant que les travaux innombrables que l'on a faits sur l'Abeille n'aient donné pendant longtemps que des notions assez grossières sur son appareil venimeux. Ce n'est guère qu'il y a une dizaine d'années que Carlet a complété ces notions dans une série de notes présentées à l'Académie des sciences de Paris. Les recherches de Carlet, malgré leur intérêt, sont restées peu connues, et la plupart des livres sur les Hyménoptères n'en font pas même mention.

On sait que l'aiguillon de l'Abeille est caché dans la partie terminale de l'abdomen. Il se compose d'un tube appelé gorgeret dans lequel peuvent glisser deux stylets : on ne peut mieux comparer ce délicat instrument qu'au trocart des chirurgiens. Lorsque l'animal veut piquer, il fait saillir le gorgeret de l'abdomen, perfore la peau de la victime au moyen des stylets, et introduit la pointe du gorgeret dans la plaie ainsi faite ; en même temps une vésicule pleine de venin déverse son contenu dans le gorgeret, dans lequel son canal de sortie vient s'aboucher, et le liquide s'écoule par le gorgeret dans la plaie. Tel est le plan d'ensemble de l'appareil, et sa réalisation présente des détails d'une admirable délicatesse.

Chacun des deux stylets est une tige creuse, non pour servir de canal au venin, car celui-ci s'échappe par le gorgeret, mais pour un motif de solidité : les ingénieurs nous apprennent en effet, dans leurs traités de résistance des matériaux, qu'à égalité de poids une tige creuse est

plus résistante qu'une tige pleine. L'extrémité de chaque stylet porte sur le côté une rangée de dix dents ; l'Abeille peut manœuvrer ces deux scies microscopiques simultanément ou alternativement, et l'on est frappé, dit Carlet, de voir que des stylets si ténus soient toujours intacts, qu'ils conservent toujours un parallélisme parfait, sans que jamais l'un empêche le glissement de l'autre, sans que jamais les dix dents saillantes qui arment leur extrémité s'accrochent et s'ébrèchent au bord du gorgeret. Le fait s'explique lorsqu'on examine des coupes transversales pratiquées à travers tout l'aiguillon : on observe par ce moyen que chaque stylet porte sur toute sa longueur une gorge à bords légèrement rapprochés. Dans cette gorge est engagée une baguette soudée au bord du gorgeret, et qui forme une sorte de rail de chemin de fer : le stylet glisse donc sur ce rail pincé dans la gorge par un mouvement de coulisse qui rend tout déraillement impossible, maintient par conséquent le stylet dans une direction précise et l'empêche d'aller frôler soit l'autre stylet, soit le bord du gorgeret (1).

Un mécanisme non moins curieux préside à l'expulsion du venin. On avait cru longtemps que les stylets de l'Abeille n'étaient que de simples perforateurs, et que la vésicule du venin se contractait pour lancer son contenu dans la plaie. C'est en effet ce qui a lieu chez certains Hyménoptères ; mais Carlet a montré que la vésicule de l'Abeille et des Mellifères en général fait exception : elle ne présente pas de revêtement musculaire et n'est pas contractile. Les stylets eux-mêmes sont les organes propulseurs du venin : à cet effet, la base de chaque stylet, logée dans la base un peu renflée du gorgeret, porte une sorte de plateau transversal qui, entraîné par le mouvement de va-et-vient du stylet, peut glisser dans toute la longueur de la base du gorgeret. C'est un véritable *piston*, dont le

(1) Comptes rendus Ac. sc , 1885, t. II, col. 89.

stylet est la tige et le gorgeret le corps de pompe. Ce piston a la forme d'une épaulette dont les filets chitineux sont réunis par une membrane ; lorsque le stylet glisse vers l'extérieur, cette membrane se développe comme un parapluie qui s'ouvre, et chasse le venin devant elle, c'est-à-dire vers l'orifice du gorgeret ; le stylet revient-il en arrière, les filets de l'épaulette se rapprochent, la membrane qu'ils sous-tendent se rabat, et la quantité de venin située derrière le piston passe en avant entre le piston et la paroi du gorgeret ; un nouveau mouvement en avant du stylet et de son épaulette de nouveau distendue chasse ensuite cette nouvelle charge de venin dans la plaie, en même temps qu'il produit en arrière par aspiration un nouvel afflux de venin de la vésicule dans la base du gorgeret. L'appareil affecte donc la disposition d'une seringue, ou plutôt d'une pompe foulante à deux pistons.

« Je ne crois pas, ajoute l'auteur de ces curieuses découvertes, que le mécanisme de la seringue se trouve ailleurs dans le règne animal, et qu'un instrument aussi parfait que celui que j'ai décrit ait été jamais réalisé dans l'industrie (1). » On ne peut que partager l'admiration de Carlet, lorsqu'on songe que tout cet appareil si compliqué tiendrait à l'aise dans le volume de la pointe de la plus fine des aiguilles, comme dans une armoire beaucoup trop vaste.

Le hasard m'a fait rencontrer un cas analogue, non moins intéressant, chez la Nèpe, au cours d'une recherche que j'ai faite il y a quelques années sur le système digestif de cet Insecte.

La Nèpe (*Nepa cinerea*) est un Insecte de l'ordre des Hémiptères, qui vit dans les eaux vaseuses, et se nourrit en suçant le sang des Tritons, des jeunes Grenouilles, des Vers de terre, des larves de Phryganes, etc. On en voit quelquefois par centaines au bord des mares, traînant

(1) Comptes rendus Ac. sc., 1884, t. II, col. 206.

maladroitement leur corps plat et hideux à la surface de la fange humide où elles aiment à s'embourber ; leurs pattes antérieures, conformées en cisailles, sont toujours prêtes à pincer brusquement le premier objet mobile qui passe à leur portée, et lorsque cet objet se trouve par chance être une patte ou une queue de Triton, c'est pour le misérable Insecte l'occasion d'une royale bombance ; aussi rien ne peut alors lui faire lâcher prise : le pauvre Triton se tortille en vain dans de violentes contorsions, la Nèpe tient bon et se laisse secouer sans émoi.

Il m'est arrivé souvent, en pareille occasion, de saisir l'Insecte par les pattes de derrière ou par un appendice respiratoire qu'il porte en forme de queue, et de soulever avec le vorace petit animal le Triton frétillant, qui pesait peut-être cinquante fois plus que lui ; parfois la queue me restait en main, sans que la Nèpe cessât de sucer sa proie. Une fois solidement ancrée par ses tenailles sur le corps du Triton, la Nèpe explore la peau de sa victime avec son rostre, puis, la place favorable bien choisie, elle y appuie celui-ci. C'est une arme terrible que ce rostre : il sert de gaine à quatre dards d'une acuité inouïe, barbelés chacun d'une manière différente, ce qui fait croire que chacun a son rôle particulier dans l'action d'ouvrir la blessure. Au moment où ces pointes cruelles percent la peau, l'infortuné Triton bondit et jette un petit cri d'angoisse : c'est qu'à peine la peau trouée, le rostre s'enfonce dans la plaie qu'il élargit, et se transforme en une canule de trocart par laquelle la Nèpe instille son venin. Presque immédiatement le Triton, soit effet du venin, soit désespoir, cesse de se débattre ; le rostre devient un suçoir par lequel l'Insecte boit le sang de sa victime. Cet affreux supplice peut durer une heure, après quoi l'Insecte repu se détache. Quant au Triton, il paraît malade pendant un jour ou deux et guérit d'ordinaire ; mais j'ai vu des Tritons périr en quelques heures sous les attaques d'une demi-douzaine de Nèpes.

En disséquant avec précaution la tête de la Nèpe, j'ai pu

observer en arrière de la bouche, sous le pharynx, un merveilleux petit appareil. Il se compose d'un petit canal aboutissant en avant dans le rostre, se dilatant en arrière en une cavité plus ou moins cylindrique à paroi chitineuse, qui remplit, comme on va le voir, l'office d'un véritable corps de pompe. Le fond de celui-ci est un disque chitineux mobile, relié sur tout son pourtour au bord postérieur du corps de pompe par une membrane circulaire extensible et élastique, qui lui permet de s'avancer et de reculer dans la cavité cylindrique ; ce disque est donc un piston capable de restreindre et d'agrandir la capacité du cylindre. Il est porté par une tige chitineuse comme lui, qui s'étend en dehors et en arrière du cylindre, et que deux faisceaux de muscles peuvent retirer en arrière ; à l'état de repos, c'est-à-dire lorsque ces muscles sont relâchés, l'élasticité propre de la membrane circulaire maintient le piston enfoncé dans le corps de pompe. Sur la paroi inférieure du corps de pompe viennent déboucher deux canaux excréteurs des glandes venimeuses.

Cette description très sommaire de l'appareil — car j'en passe à regret plus d'un curieux détail — suffit à suggérer l'idée de son usage : au moment où la Nèpe vient de trouer la peau de sa victime au moyen de ses quatre scies microscopiques, les muscles rétracteurs du piston le font reculer, et le vide qui se produit ainsi dans le corps de pompe y appelle un afflux de venin, qu'y déversent les canaux des glandes. Le piston revenant ensuite de lui-même envahir la cavité du corps de pompe, en expulse le venin qui s'y est accumulé ; mais celui-ci ne peut rentrer dans les canaux excréteurs, dont les ouvertures sont protégées par des soupapes, et ne trouve pour s'échapper que le canal qui le conduit au rostre, d'où il se répand dans la plaie (1).

(1) Depuis que j'ai fait ces observations, j'ai appris que M. le Dr Léon, professeur à l'Université de Jassy (Roumanie), avait poursuivi des recherches

Des observations que j'ai faites sur le Notonecte *(Notonecta glauca)*, le Ranâtre *(Ranatra linearis)*, la Punaise *(Cimex lectuarius)*, sur quelques Hémiptères du midi de la France, ainsi que sur un Bélostome du Brésil, m'ont appris que l'appareil venimeux que je viens de décrire varie peu chez les divers Hémiptères.

Quelque intéressants que soient les Insectes venimeux, particulièrement au point de vue de leurs merveilleux appareils de piqûre, nous devons bien les quitter si nous voulons encore dans cette étude faire l'honneur d'une mention aux représentants venimeux des autres classes qu'il nous reste à parcourir.

Nous nous arrêterons peu à celle des Myriapodes, dont un bon nombre sont cependant venimeux. Leur appareil venimeux consiste en deux crochets, les forcipules, qui sont des pattes transformées situées aux deux côtés de la bouche. La structure interne de ces organes n'a pas été étudiée jusqu'aujourd'hui avec un détail suffisant pour fournir des données intéressantes à notre travail.

La piqûre des Myriapodes n'a pas de gravité réelle chez l'homme. J'ai vu cependant le cas assez sérieux d'un jeune homme mordu par un Scolopendre du midi de la France ; il y eut une douleur assez intense pour provoquer une syncope; le membre atteint gonfla et devint raide, puis se couvrit d'un urticaire ; les accidents durèrent deux ou trois jours.

Parmi les Arachnides venimeux, nous citerons les Scorpions et les Araignées. On trouve des Scorpions en assez grande abondance dans l'Europe méridionale; ils abondent

analogues. M. le Dr Léon, à qui je suis heureux d'exprimer ici ma reconnaissance, a bien voulu me communiquer quelques-uns de ses résultats, et j'ai été charmé de constater que nos observations concordaient en divers points. Cfr Léon. *Organes de succion chez les Hydrocores et les Géocores.* Voir aussi Geise, *Die Mundtheile der Rhynchoten.*

en Italie et sur tout le littoral méditerranéen ; près de Cette, par exemple, il est une colline qui passe pour un vrai repaire de Scorpions. Ces Scorpions européens, certains d'entre eux surtout, font une piqûre excessivement douloureuse, dont les suites peuvent même être dangereuses ; mais ce sont principalement les espèces des pays chauds qui sont réellement à redouter pour l'homme.

Le venin du Scorpion est sécrété par une double glande logée dans le dernier anneau du corps. L'appareil inoculateur est un simple aiguillon en crochet qui termine cet anneau et près de la pointe duquel viennent s'ouvrir par deux pores presque microscopiques les deux canaux excréteurs.

L'éjaculation du venin se fait ici par un mécanisme que nous n'avons pas encore signalé. Chez les Serpents, la glande est comprimée automatiquement par le simple mouvement des muscles qui abaissent la mâchoire supérieure ; chez les Insectes que nous avons étudiés, intervient un appareil de pompe ; chez le Scorpion, la compression de la glande est autonome : des faisceaux musculaires disposés en spirale la recouvrent presque complètement.

Les victimes ordinaires du Scorpion sont des Insectes et les Araignées. Il saisit sa proie entre les pinces d'écrevisse qu'il porte en avant, l'élève et la maintient au-dessus de sa tête, et dans cette position, redressant sa queue armée par-dessus son dos, il la frappe d'un coup rapide d'aiguillon. C'est d'ailleurs toujours par cette manœuvre de la queue que le Scorpion cherche à piquer, même pour sa défense ; mais il ne réussit pas à chaque coup, surtout quand il a affaire à un grand ennemi : il lui arrive souvent de frapper par la courbure de son dard en dirigeant mal la pointe, de sorte que l'arme glisse sans pénétrer. De plus, les pores vénénifères ne sont pas situés à la pointe même du dard, mais un peu en arrière, ce qui donne une nouvelle chance pour que le venin ne soit pas inoculé.

Les attaques venimeuses dont nous avons parlé jusqu'ici se rapportent à deux types bien distincts : la piqûre ou la morsure. Le procédé des Araignées tient à la fois des deux modes. Elles saisissent et enveniment leur proie par deux crochets appellés chélicères situés devant la tête et agissant à peu près comme des mâchoires, quoique, à la vérité, ces chélicères ne soient anatomiquement que des homologues des antennes des Insectes.

Chacun d'eux est percé d'un canal excréteur qui s'ouvre à la pointe, et qui déverse le produit d'une glande venimeuse ; celle-ci éjacule son venin, comme chez le Scorpion, sous l'effort d'une couche de muscles en spirale qui l'enveloppe.

Aucune Araignée européenne n'est dangereuse pour l'homme. Le naturaliste Winckelman a eu le zèle scientifique de se faire piquer par toutes les plus grosses Araignées qu'il a pu se procurer, et, d'après son récit, aucune de ces piqûres ne produisit le moindre effet venimeux : un coup léger d'une fine aiguille devait produire exactement le même effet. Ce fait est particulièrement remarquable : non seulement la piqûre de l'Araignée est sans danger, mais le venin de l'Araignée est de nul effet sur l'organisme humain, ne produisant ni brûlure ni tuméfaction, alors qu'il tue d'une façon presque foudroyante les petits Articulés dont l'Araignée se nourrit. Nous reviendrons plus loin sur ce singulier phénomène que présentent certains venins, de n'être actifs que sur certains organismes.

Cette simple observation suffit pour indiquer la valeur des préjugés et des légendes qui circulent sur le compte de certaines Araignées, telles que la Tarentule italienne. Peut-être cependant y aurait-il lieu d'être moins affirmatif sur l'innocuité de quelques Araignées des pays chauds, telles que ces fameuses Mygales américaines qui font leur proie de petits Oiseaux.

La dernière classe des Articulés, les Crustacés, ne possède

pas d'animaux venimeux, et l'on n'en trouve pas davantage dans l'embranchement des Vers.

Les Échinodermes, malgré leur nom et leur aspect épineux, n'ont rien non plus de venimeux, tandis que l'embranchement des Cœlentérés, frères des Échinodermes, ne comprend que des individus à aiguillons et à venin. C'est vraiment ici qu'il ne faut point juger d'après les apparences : assurément les Oursins hérissés d'épines semblent bien plus redoutables que les Méduses molles et luisantes, et cependant les épines de l'Oursin sont inoffensives, et la chair gélatineuse de la Méduse est toute couverte de dards invisibles, acérés et empoisonnés.

Ces dards des Cœlentérés s'appellent des nématocystes (1). C'est le dernier exemple d'organe venimeux que nous décrirons, et ce n'est pas le moins curieux.

Les nématocystes sont des cellules d'origine ectodermique qui criblent littéralement certaines portions des téguments extérieurs. Chacune de ces cellules se termine vers l'extérieur par un repli résistant de sa membrane, en forme de sac ; ce sac n'est pas entièrement fermé, et sur le bord de son orifice il porte un aiguillon d'une finesse extrême qu'on nomme le cnidocil. Mais ce n'est pas encore là le dard venimeux : celui-ci est un filament élastique enroulé ou replié sur lui-même comme un ressort bandé, et contenu tout entier dans une capsule membraneuse, renfermée elle-même dans le sac déjà décrit. La capsule recèle avec le filament un liquide urticant qui le baigne. Le moindre attouchement du cnidocil détermine l'ouverture brusque du sac et, du même coup, la détente violente du filament spiral qui se projette au dehors en prenant la raideur d'une baguette.

On connaît ces petits jouets à surprise qu'on appelle

(1) La présence des nématocystes caractérise les vrais Cœlentérés, à l'exclusion des Spongiaires : c'est un argument de plus, tout secondaire qu'il soit, pour séparer les Spongiaires des Cœlentérés dans la classification, ainsi que les zoologistes tendent de plus en plus à le faire.

des boites-à-diable : ils ont l'aspect extérieur d'une tabatière, mais lorsque le couvercle se déclenche, on en voit bondir un petit diablotin. C'est ainsi que jaillit le trait empoisonné du nématocyste. Lorsque ce trait vient à se ficher dans la peau, il entraîne avec lui la capsule à venin, dont le contenu se répand dans la plaie.

III.

EFFETS PATHOLOGIQUES DES VENINS.

L'empoisonnement par les venins porte le nom d'*envenimation*. Le type de cet accident sous sa forme la plus redoutable est l'*échidnisme*, ou envenimation par la morsure des Serpents.

On a pu juger de ses dangers par les chiffres de statistique que nous avons donnés plus haut (p. 101). Dans les pays chauds, l'échidnisme est en effet ordinairement mortel, et de tous les genres de mort il en est peu qui s'entourent de plus d'horreur. Bien que tout le monde ait lu de ces histoires affreuses dans les livres de voyages, il nous a paru intéressant de transcrire ici l'un de ces récits, particulièrement poignant, et auquel l'autorité de l'auteur donne d'ailleurs une valeur spéciale.

« Après avoir traversé le Murre, raconte Schomburgh, nous marchâmes plus au nord-ouest à travers une savane, au milieu de laquelle coulait une rivière d'environ trois mètres de large qui nous barrait le passage et coupait le sentier. Dans le lit de la rivière était un bloc de grès qui nous aida à passer le cours d'eau. J'étais le seizième à passer ; immédiatement derrière moi venait la jeune indienne Kate, qui avait obtenu l'autorisation de suivre son mari à cause de son caractère gai et plaisant ; elle était le boute-en-train et la chérie de toute la société.

» Au moment de passer le cours d'eau, quelques petites fleurs attirèrent mon attention, et ne me rappelant pas si je les avais dans mon herbier, je m'arrêtai quelque temps pour les examiner. Kate m'invita alors à sauter sur la pierre ; je pris un point d'appui et je le fis en riant. A ce moment même un cri d'horreur poussé par Kate me terrifia, et les Indiens qui nous suivaient firent entendre le cri de terreur : « Akuy! Akuy! (un Serpent venimeux!) » Je me retournai pâle comme la mort vers Kate qui se tenait à côté de moi sur le même bloc de pierre, et lui demandai si elle avait été mordue. La malheureuse se mit à pleurer, et je remarquai plusieurs gouttelettes de sang à la jambe droite, dans la région du genou. Seul un Serpent venimeux avait pu faire une semblable blessure, seuls les soins les plus prompts et les plus énergiques avaient quelque chance de sauver notre enfant gâtée. Par malheur, le Dr Fryer et mon frère se trouvaient à l'autre extrémité de la caravane, tandis que l'Indien qui portait la pharmacie et la trousse contenant les lancettes avait déjà traversé la rivière et se trouvait bien en avant. A défaut d'autre chose, je défis sans retard mes bretelles et liai avec elles le membre aussi fortement que je le pus, pendant que je faisais sucer les plaies par les Indiens de ma suite. Je crois que la pauvre femme n'avait pas senti qu'elle avait été blessée, bien qu'elle eût été mordue deux fois, d'abord au-dessus d'un bracelet de perles qui entourait le membre au-dessous du genou, puis un peu en dessous de ce même collier. Nos allées et venues attirèrent l'attention des gens qui composaient notre caravane ; le mari de Kate arriva. En apprenant la terrible nouvelle, il ne laissa paraître aucune émotion, bien qu'il fût en réalité très épouvanté. Pâle comme un mort, il se précipita à côté de sa femme chérie, et se mit à sucer encore les plaies. Pendant ce temps, Fryer, mon frère et l'Indien arrivèrent avec la pharmacie. Fryer incisa largement les blessures qui furent sucées par les Indiens. Le cercle formé par ces hommes

au regard impassible, les lèvres teintes de sang, avait quelque chose d'horrible.

» Bien que des soins eussent été donnés pour ainsi dire immédiatement, bien que nous ayons employé l'ammoniaque à l'extérieur comme à l'intérieur, tous nos efforts furent vains. Trois minutes après la morsure, les signes de l'empoisonnement étaient déjà évidents ; la malheureuse se mit à trembler de tous les membres, tandis que le visage devenait de plus en plus pâle et prenait un aspect cadavérique ; le corps se couvrit d'une sueur froide, tandis que la pauvre femme se plaignait de violentes douleurs dans tout le membre blessé, dans la région du cœur et dans le dos. Le membre blessé était comme paralysé. Il survint bientôt des vomissements qui furent suivis d'hématémèse ; le sang se fit bientôt jour par le nez et par les oreilles ; le pouls battait alors cent vingt fois par minute. Huit minutes après on ne pouvait plus reconnaître la pauvre Kate, tellement elle était changée : elle venait de perdre connaissance.

» Le Serpent qui avait occasionné ce malheur avait été trouvé couché à quelques centimètres du chemin, et les Indiens l'avaient tué. J'avais probablement touché l'animal au moment où je m'élançai pour sauter, et il s'était alors tourné vers Kate qui me suivait, et l'avait mordue. Lorsque les Indiens découvrirent le reptile, il s'était déjà levé, sa tête était relevée, sa gueule ouverte, et il se préparait à mordre de nouveau. Quinze personnes avaient passé tout contre lui ; la pauvre Kate en fut la victime.

» La pauvre femme, toujours sans connaissance, fut placée dans un hamac et reportée vers le village que le matin elle avait quitté si gaie et si rieuse. Accompagnés de Fryer et du mari de la malheureuse, nous nous mîmes en route. Nous étions désespérés, car nous ne savions que trop que tout espoir était perdu, et que le regard que Kate nous avait adressé, il n'y avait qu'un moment, était fatalement le dernier ! »

La voie régulière de l'envenimation, de quelque espèce qu'elle soit, est le courant sanguin, et pour qu'elle obtienne toute sa puissance, elle doit provenir de l'inoculation directe du venin dans les canaux de la circulation. Il importe peu, d'ailleurs, que l'injection atteigne une artère importante ; la pointe envenimée qui ne déchire que quelques capillaires porte un coup fatal : la gouttelette mortelle qu'elle a déposée dans la piqûre presque invisible a touché le sang, tout est fini, la victime est condamnée.

Ce n'est pas que l'ingestion du venin soit toujours inoffensive : ainsi le Chien que l'on force à avaler du venin de Crapaud est pris de vomissements douloureux et d'autres symptômes qui annoncent un début d'intoxication ; mais, en général, les accidents en restent à une forme bénigne, même lorsqu'il s'agit des venins les plus toxiques. Souvent même, aucun accident ne survient. Celse avait donc émis un principe probablement exact en disant du venin : « *Non gustu sed vulnere nocent.* » Weir Mitchele a fait à ce sujet des expériences remarquables, dont le résultat capital est qu'il n'a jamais retrouvé dans l'intestin de ses animaux d'expérimentation de trace du venin qu'il leur faisait avaler. Il a cru pouvoir en conclure que la substance nuisible était détruite par les sucs digestifs. Le fait est que les victimes d'une morsure venimeuse ne causent aucun accident toxique lorsqu'on les mange ; et le célèbre naturaliste Redi, au XVIIe siècle, avait même poussé la confiance dans l'axiome de Celse jusqu'à avaler lui-même du venin de Vipère, ce qui n'avait eu pour lui aucune suite fâcheuse (1). Il est d'ailleurs à remarquer que, parmi les symptômes de l'échidnisme, les nausées et les vomissements ne manquent presque jamais, ce qui semble indiquer, suivant la judicieuse remarque de Viaud-Grand-Marais (2), que la

(1) Fayrer assure cependant que les venins les plus toxiques, celui du Cobra, par exemple, ne seraient pas ingérés sans danger : selon lui, leur action serait seulement plus lente que dans l'inoculation.

(2) Viaud-Grand-Marais, *Dict. encycl. sc. méd.*, art. « Serpents ».

muqueuse stomacale est une voie privilégiée d'élimination du poison.

Cependant les venins peuvent quelquefois agir sans lésion des canaux sanguins : c'est lorsqu'ils sont déposés sur une muqueuse très sensible ; seulement, dans ce cas, les accidents sont seulement locaux. Le venin de Crapaud, et peut-être tous les venins, en contact avec la conjonctive, déterminent une irritation très douloureuse.

Enfin, déposés expérimentalement sur une séreuse, les venins sont absorbés et produisent, quoique avec plus de lenteur, l'intoxication générale.

Un caractère des plus essentiels de l'action des venins, c'est qu'elle dépend de la quantité inoculée, et c'est en cela qu'on rencontre la distinction fondamentale entre les venins et les virus. Une goutte de virus, en effet, si minime qu'elle soit, suffit à envahir et à empoisonner l'organisme entier, parce que le virus est vivant et se multiplie, tandis que la goutte de venin n'est qu'un produit chimique, organique sans doute, mais non vivant et incapable de se multiplier. Nous reviendrons bientôt sur ce point en faisant le parallèle des deux genres de poisons.

Ce caractère du venin rend compte de plusieurs faits. Il est cause qu'en général la morsure venimeuse est d'autant plus dangereuse, pour un même venin, que l'individu qui l'a faite est plus grand de taille et plus vigoureux. C'est aussi le motif pour lequel un Serpent qui mord coup sur coup plusieurs victimes tue plus rapidement les premières, et que celles qui reçoivent les derniers coups de dents peuvent même n'en éprouver aucun effet nuisible, la quantité de venin versé diminuant à chaque morsure et pouvant à la fin s'épuiser. C'est enfin l'une des raisons qui font que les victimes de petite taille succombent plus facilement que les autres, la quantité donnée de venin ayant à se répandre chez elles sur une masse de sang moins considérable.

D'autres influences que la quantité ont du reste leur importance, qu'il n'est pas permis de négliger : c'est, par exemple, un fait bien connu que la variation d'énergie des venins avec la température du climat, les espèces venimeuses des pays chauds étant plus nuisibles que celles des pays froids, et même une espèce donnée devenant plus dangereuse dans les régions méridionales que dans les régions du nord. La saison même influe, et MM. Phisalix et Bertrand ont montré par des expériences précises que la Vipère devenait de plus en plus redoutable à partir de son réveil du printemps jusqu'à l'automne (1).

Nous avons dit qu'à la différence des virus, les venins, tout en étant des produits organiques, ne sont pas des substances vivantes. Aussi conservent-ils d'une façon très durable leurs propriétés physiologiques, alors même qu'ils sont séparés depuis longtemps de l'organisme qui les a produits, à la condition, bien entendu, que des circonstances extérieures ne modifient pas leur composition chimique essentielle. Il y a plus : le venin n'est actif que par une portion de sa substance, qu'on peut séparer du reste par certains procédés, et notamment par la dessiccation, le résidu sec possédant seul le pouvoir toxique, et le possédant même à un degré considérablement plus élevé, à quantités égales, que le venin à l'état naturel. L'usage des sauvages d'empoisonner leurs flèches avec le venin de certains Serpents en est une preuve connue de tout temps. Aussi faut-il manier avec la plus grande prudence les crochets des Serpents que l'on conserve dans les collections d'histoire naturelle.

On me permettra de rapporter à ce sujet une anecdote dont je n'ose garantir toute l'authenticité, mais qui aura peut-être le mérite de dérider le lecteur au milieu de ces notes un peu arides. « Un homme fut mordu à la jambe

(1) *Variation de virulence du venin de Vipère*, ARCH. DE PHYSIOL., avril 1895. — D'après les auteurs, cette variation ne porterait pas seulement sur la quantité de venin sécrétée, mais aussi sur sa composition chimique.

par un Crotale et mourut ; sa veuve se remaria peu de temps après, et le nouvel époux, ayant trouvé une superbe paire de bottes dans la garde-robe du défunt, s'empressa de la mettre ; dès le lendemain, il laissait une veuve inconsolable, qui convola en troisièmes noces. Le troisième mari entra dans les bottes de ses prédécesseurs et mourut à son tour ; on constata alors que la dent du Crotale s'était cassée, et était restée implantée dans les tiges de la botte ; les deux malheureux qui avaient hérité de la défroque du premier défunt s'étaient successivement piqués à ce crochet, qui faisait saillie à l'intérieur (1). »

Les effets des divers venins ne diffèrent pas seulement d'intensité, mais quelquefois aussi de nature ; tous les venins n'atteignent pas l'organisme suivant le même mode d'action.

Toutes les envenimations partagent cependant quelques caractères communs : des phénomènes locaux de tuméfaction et de douleur cuisante à la région blessée ne font presque jamais défaut. Dans une intoxication bénigne, ces accidents locaux sont parfois les seuls à se produire ; et par contre il peut arriver qu'ils soient supprimés par la rapidité même de l'empoisonnement, dans les cas exceptionnels de mort presque foudroyante.

Lorsque l'envenimation, sans être foudroyante, engendre cependant des accidents généraux graves, ceux-ci affectent dans leur ensemble une allure dépressive, malgré quelques convulsions qui les interrompent ordinairement ; la paralysie, retentissant spécialement sur le système circulatoire, est habituelle, et c'est dans le coma que la mort survient le plus souvent.

Nons avons signalé déjà le phénomène presque immanquable de nausées et de vomissements, et nous en avons tiré la conclusion que la muqueuse stomacale jouait le rôle prépondérant dans l'élimination du venin.

(1) Brehm, *Les Reptiles*. Éd. Sauvage.

On a dit de la plupart des venins qu'ils étaient des poisons du sang : les uns le coaguleraient, d'autres le rendraient incoagulable, d'autres agiraient sur les globules. Les observations certaines d'altération du sang par envenimation sont loin d'être assez générales pour y chercher un caractère commun à toutes les envenimations ; et je pense, d'ailleurs, que l'idée générale que l'on se fait des venins, comme poisons du sang, est une fausse interprétation de ce fait que les venins n'obtiennent toute leur action que grâce au sang qui leur sert de véhicule dans l'organisme.

Quant aux modes d'action particuliers aux divers venins, quelques exemples suffiront à en donner une idée.

La piqûre des Insectes n'a souvent sur l'homme qu'une action locale, mais cela tient probablement à ce que la quantité de venin inoculée est trop minime par rapport à la masse de sang dans laquelle elle se diffuse, pour que l'action générale sur l'organisme soit sensible. Les cas de mort qu'on a cités comme survenus à la suite de piqûres d'Abeilles, se rapportent en effet presque tous à ces circonstances exceptionnelles où ces Insectes se jettent en troupe nombreuse sur une personne qui les a irritées.

Carlet a montré que le venin d'Abeille, composé d'un liquide fortement acide et d'un liquide faiblement alcalin, était finalement acide ; mais il n'est pas possible d'attribuer à cette acidité seule toute l'activité du venin : la douleur de la piqûre, chez certaines personnes du moins, est plus cuisante qu'une violente brûlure, elle s'accompagne d'un gonflement énorme qui peut s'étendre à tout un membre et même à une portion plus grande du corps. Des accidents plus généraux peuvent même se déclarer, tels que la fièvre, les vertiges, etc. ; j'ai vu une enfant de dix ans atteinte d'un urticaire général à la suite d'une dizaine de piqûres de Guêpes. Quel est ce principe vénéneux, qui se forme probablement par la combinaison des deux

liquides signalés par Carlet ? Quel est précisément le mécanisme de son action sur l'organisme ? C'est ce qu'on ignore jusqu'à présent.

Le venin du Scorpion, dans les cas graves, provoque une période d'excitation, régulièrement suivie d'une période paralytique qui amène la mort. Longtemps placé, lui aussi, parmi les poisons du sang, dont on disait qu'il altérait les globules (1), il est rangé, depuis la belle étude qu'en a faite Joyeux-Laffuie (2), dans la catégorie des poisons nerveux. « Il irrite, dit cet auteur, les centres nerveux, et provoque les convulsions qui caractérisent la période d'excitation. Ces convulsions sont causées par l'action du venin *sur le cerveau :* aussi font-elles défaut chez les Grenouilles dont on a préalablement séparé le cerveau et la moelle. » Outre cette action centrale, il paraît que le venin modifie aussi les terminaisons nerveuses en rapport avec les fibres musculaires striées, car la seconde période de l'intoxication est marquée par la suppression des mouvements volontaires et des réflexes des membres, sans que les organes de la respiration et de la circulation paraissent atteints. Cette seconde période rappelle donc exactement l'action du curare, si bien interprétée par Claude Bernard dans sa magistrale étude sur ce poison (3).

Tout autre est l'action du venin du Crapaud. Vulpian, à qui nous devons la connaissance exacte de ce sujet (4), a constaté que ce venin, tout en agissant sur le système nerveux comme paralysant, porte principalement son influence sur le cœur. MM. Phisalix et Bertrand, reprenant ses expériences, ont vu que chez une Grenouille, inoculée du venin de Crapaud, les mouvements du cœur

(1) Jousset de Bellème. *Essai sur le venin du Scorpion.* REVUE ET MAGASIN DE ZOOLOGIE, 2e série, t. XXIII, 1872.

(2) Joyeux-Laffuie. *Sur l'appareil venimeux et le venin du Scorpion.* COMPTES-RENDUS AC SC., 1882 ; et Thèse, 1883.

(3) Claude Bernard. *La Science expérimentale. Le Curare.*

(4) Vulpian. COMPTES RENDUS DE LA SOC. DE BIOLOGIE, 1894, p. 135.

étaient bouleversés et enrayés : le ventricule s'arrêtait le premier, pendant que les oreillettes achevaient encore quelques mouvements de systole et de diastole, misérablement dissociés. La terminaison des accidents est donc ici l'asphyxie par arrêt du cœur.

L'intoxication par le venin des Vipères suit encore un autre processus ; elle peut servir de type à la plupart des envenimations par morsures de Serpents, peut-être même à toutes, car il semble que l'échidnisme ne varie guère que par le degré d'intensité ou tout au plus par des accidents secondaires, quelle que soit l'espèce ophidienne qui l'ait causé.

Le venin de la Vipère agit encore sur le système nerveux et trouble la circulation, mais, tandis que le venin du Crapaud arrête le fonctionnement de l'organe central de la circulation, celui de la Vipère s'attaque à la périphérie : une dilatation extrême des capillaires provoque de graves effusions sanguines en diverses régions. Aussi constate-t-on très souvent, dans les cas d'échidnisme dus à la morsure des grands Serpents venimeux, des vomissements sanguinolents, des hémorrhagies par le nez et les oreilles, de l'hématurie, etc.

A l'autopsie, on trouve une congestion intense avec taches hémorrhagiques de la muqueuse digestive, des poumons, du foie, des reins, des méninges.

Il est à regretter qu'on n'ait pas procédé à la recherche précise du mode d'action du venin de Vipère sur le système nerveux ; cette recherche, d'ailleurs, ne serait pas sans difficulté, et il faudrait y employer les procédés rigoureux et délicats dont Claude Bernard nous a donné l'exemple dans son étude sur le curare. Sans préjuger à coup sûr des résultats que donnerait cette méthode, il nous semble que l'influence du venin ne doit pas nécessairement se répercuter sur l'axe du système nerveux pour provoquer les effusions sanguines qui la caractérisent ; la preuve en est que l'endroit même de la

piqûre devient ordinairement le siège d'une tuméfaction et d'une sorte d'épanchement qui n'est pas toujours un simple œdème séreux, mais une vraie infiltration sanguine, comme si l'action propre du venin s'exerçait immédiatement sur les vaso-constricteurs pour les paralyser. Le phénomène est encore plus frappant quand on dépose une goutte de venin sur une séreuse : alors même que celle-ci n'est pas déchirée, il se produit immédiatement dans toute la région voisine du dépôt une infiltration sanguine énorme.

Cependant la respiration est peu atteinte, et l'oxygénation du sang se fait jusqu'à la mort (1). Le cœur non plus n'est pas atteint directement : ses battements redoublent de fréquence et s'affaiblissent, parce que la vasodilatation générale a entraîné un abaissement considérable de la tension artérielle, mais ils demeurent réguliers (2). La circulation n'en subit pas moins un alanguissement si profond que les combustions, ralenties par là-même, ne parviennent plus à maintenir la température normale du corps ; aussi l'abaissement de température est-il si constant et si régulier que MM. Phisalix et Bertrand l'ont pris pour signe et pour mesure de l'envenimation échidnique (3).

Le venin de Vipère agit en outre d'une façon directe sur le sang lui-même ; Kaufmann a constaté notamment que les hématies, sous son action, deviennent sphériques, et l'on a signalé quelques autres altérations du liquide vital, sur lesquelles il serait superflu d'insister ici.

(1) Phisalix et Bertrand, ARCH. DE PHYSIOL., janvier 1894.

(2) Kaufmann, MÉM. ACAD. MÉD. PARIS, 1889. M. Kaufmann a constaté que la chute de la tension artérielle pouvait, sous l'action du venin de Vipère, tomber de 155 millim. à 41.

(3) Nous sommes tout à fait de l'avis de ces auteurs quand ils disent que « cet abaissement ne peut être attribué uniquement à un refroidissement graduel par la peau congestionnée » *(loc. cit.)*. Nous n'avons vu d'ailleurs aucun auteur adopter cette théorie. La cause du phénomène, sur laquelle MM. Phisalix et Bertrand ne s'expliquent pas davantage, nous paraît fort simple si on la cherche, comme nous l'indiquons, dans le ralentissement des combustions.

L'échidnisme entrave donc le rôle du sang de deux manières : en enrayant le jeu normal de la circulation, et en modifiant les propriétés mêmes du sang. Mais d'autres troubles se manifestent encore dans l'échidnisme : on y trouve, avec les caractères communs des envenimations, une influence parfois convulsivante, et toujours paralysante dans les derniers moments.

Suivant l'espèce de Serpent d'où provient le venin, tantôt l'un, tantôt l'autre des symptômes se trouve exagéré. Le venin du Cobra *(Naja tripudians)*, par exemple, semble paralyser de préférence les muscles du pharynx et des mâchoires, de telle sorte que la victime peut être menacée de suffocation.

La morsure des grands Serpents venimeux, tels que le Crotale, le Cobra, le Fer de lance, n'est pas fatalement mortelle; mais il est rare que leurs malheureuses victimes, alors qu'elles ne succombent pas aux premiers accidents, ne subissent pas pendant longtemps, pendant le reste de la vie parfois, des effets de l'envenimation. C'est ce qu'on a appelé l'échidnisme chronique. Il se borne parfois à des accidents périodiques, la douleur et le gonflement du membre blessé revenant de temps en temps accompagnés de troubles digestifs. D'autres fois les symptômes sont permanents : le blessé ne parvient pas à compléter sa convalescence, il reste valétudinaire et décline peu à peu. Ou bien il y a rémission : on s'est cru guéri, on a repris ses habitudes, quand, sans cause apparente, on voit ses forces s'en aller, et toutes les fonctions s'alanguir ; parmi ces cachectiques, les hommes vieillissent prématurément, les enfants sont arrêtés dans leur développement... D'autres envenimés, après une guérison apparente de quelques mois, meurent subitement, frappés d'accidents cérébraux, sans que l'autopsie révèle la lésion à laquelle ils ont succombé (1).

(1) Viaud-Grand-Marais, *loc. cit.*

Nous ne pouvons abandonner cette question des effets pathologiques des venins, sans parler de la résistance qu'y opposent certains organismes.

Il est rare, en effet, qu'un venin donné puisse intoxiquer indifféremment toute sorte d'animaux. Le Cobra, — ce terrible Ophidien dont le nom est déjà revenu souvent dans cette étude, comme si l'on ne pouvait parler de mortel venin sans l'évoquer, — le Cobra est peut-être le seul qui possède un venin presque universel. Fayrer affirme, du moins, l'avoir expérimenté avec succès sur le Chien, le Cheval, le Bœuf, la Chèvre, le Cochon, le Chat, le Lapin, le Rat, le Cerf, la Poule, le Milan, le Lézard, la Couleuvre, les divers Serpents venimeux, la Grenouille, les Poissons, la Limace (1).

Il y aurait certainement lieu de contrôler les expériences de Fayrer, ne fût-ce que pour constater la différence d'intensité avec laquelle le venin de Cobra agit sur ces différentes sortes de victimes. M. Calmette a entrepris quelques recherches dans cette direction à propos de divers venins ; il a constaté, par exemple, qu'il faut pour tuer le Lapin deux fois plus de venin que pour tuer le Cobaye, proportion gardée des poids des victimes, et que le Chien est plus résistant encore que le Lapin.

Il n'en reste pas moins de règle générale que le venin d'une espèce donnée agit plus fortement sur certains animaux que sur d'autres, et même que certains organismes sont absolument réfractaires à certains venins.

On a toujours observé, par exemple, que l'envenimation est d'autant plus rapide et plus grave que le sujet d'expérimentation jouit d'une circulation plus active. A ce titre, les Oiseaux sont les sujets les plus sensibles; les Mammifères ne viennent qu'en second lieu. Le venin, celui des Ophidiens du moins, se montre beaucoup plus lent chez les autres Vertébrés, et, d'une manière générale, il agit

(1) Fayrer, *loc. cit.*

moins vivement chez les animaux à température variable que chez les animaux à température constante. Cette différence tient sans doute à la différence de la circulation, moins complète et moins rapide chez les seconds que chez les premiers ; mais la question de la température elle-même n'y est pas indifférente, car les animaux à sang froid, maintenus dans une étuve à 37°, présentent des phénomènes d'intoxication presque aussi énergiques que les Mammifères.

Il est d'autres exemples de prédisposition ou d'indisposition à l'action venimeuse moins faciles à expliquer. C'est ainsi que les Serpents de mer enveniment, dit-on, plus efficacement les Vertébrés des classes inférieures que les Mammifères. Le venin du Scorpion trouve de même un terrain exceptionnellement favorable dans les Articulés : « la centième partie d'une goutte de ce venin, dit M. Joyeux-Laffuie (1), suffit à empoisonner un Crabe de forte taille. Les Mouches, les Araignées et les Insectes, dont le Scorpion fait sa nourriture, sont, pour ainsi dire, foudroyés par sa piqûre. »

On a cité, dans le même ordre de phénomènes, l'indifférence des Porcs aux morsures du Crotale. Mais il est probable que le fait a été mal observé. Il est parfaitement authentique que les Porcs sont les ennemis et les destructeurs naturels des Serpents à sonnettes : à la vue d'un Crotale, le Porc se précipite, lui piétine la tête et le dévore. Dans plusieurs régions du nouveau monde où les Crotales sont un vrai fléau, on entretient des troupeaux de Porcs pour en purger le pays. Mais il ne suit pas de là que le venin du Crotale soit sans action sur le Porc ; il faut plutôt admettre que le quadrupède a été doué par la nature d'un système d'attaque qui l'emporte en force et en adresse sur la défense du Reptile ; ou, peut-être, comme le dit Brown, que l'épaisse couche de graisse qui recouvre

(1) *Loc. cit.*

le corps du Cochon empêche la pénétration des crochets venimeux jusqu'au sang.

L'immunité du Hérisson au venin de la Vipère est mieux prouvée. Le Hérisson a passé de tout temps, et à juste titre, pour un destructeur des Vipères, mais on se demandait si son unique défense ne consistait pas dans ses piquants et dans la faculté de se rouler en boule pour présenter à ses ennemis une surface inattaquable. MM. Phisalix et Bertrand viennent de résoudre la question tout à l'honneur du Hérisson (1) : ils ont montré que cet animal était véritablement réfractaire au venin, et que ce privilège tenait à la présence dans le sang d'une substance antitoxique, si bien que l'injection du sérum de Hérisson à un cochon d'Inde rend ce dernier réfractaire lui-même à l'inoculation du venin.

On a dit souvent que le venin d'un animal n'en était pas un pour lui-même ni pour ses congénères. Ce principe est vrai, si on ne l'exagère pas ; c'est-à-dire que, pour tuer un animal venimeux par le venin d'un autre animal de la même espèce, il faut une dose considérablement plus forte que pour tuer un animal d'une autre espèce et du même poids. Une Vipère, par exemple, supporte sans danger l'inoculation d'une dose de venin de Vipère suffisante pour tuer une vingtaine de Cobayes.

Les physiologistes avaient donné de ce fait une explication fort plausible, mais à laquelle manquait jusqu'aujourd'hui la confirmation de l'expérience. Pour saisir leur théorie, appelons-en à un vieux souvenir classique. Mithridate, roi du Pont, que la gloire ne protégeait guère contre les embûches, avait, dit-on, cherché dès sa jeunesse à prémunir sa vie contre les empoisonnements, en s'habituant à prendre des doses de venin graduellement croissantes. Si l'on en croit l'histoire, — ou la légende, — il avait si bien réussi dans son dessein, qu'au jour final où

(1) Société de Biologie de Paris, juillet 1895.

la fortune de la guerre l'abandonna sans espoir, il tenta vainement de s'empoisonner pour de bon, afin de ne point tomber vivant aux mains de ses ennemis, et qu'il dut commander à un esclave gaulois de le frapper de son glaive. Histoire ou légende, le principe qui l'explique est indubitable : c'est que l'organisme peut arriver *par accoutumance,* comme disent les physiologistes, à supporter impunément des doses de poison qui, prises sans préparation, seraient mortelles. C'est pour établir l'accoutumance que les médecins qui prescrivent l'arsenic, la strychnine, la digitaline, et en général tous les médicaments toxiques, ordonnent à leurs malades de commencer par des doses minimes qu'ils augmentent ensuite jour par jour.

Or, ce serait précisément grâce à l'accoutumance que les Vipères ne subissent que difficilement l'effet toxique de la morsure de leurs pareilles. Pour donner à cette thèse une confirmation expérimentale, il fallait prouver que le sang de la Vipère est normalement imprégné de venin. C'est ce qu'ont fait récemment MM. Phisalix et Bertrand (1), au cours de leurs patientes recherches sur les sécrétions venimeuses, en étudiant la toxicité comparée du venin et du sang de la Vipère : ces auteurs ont découvert que les inoculations de sang de Vipère produisent identiquement les mêmes effets d'intoxication que les inoculations du venin lui-même, en tenant compte bien entendu de l'état de dilution dans lequel le venin se trouve dans le sang.

L'origine des substances toxiques du sang semble nettement établie par ces mêmes recherches : ce sont les glandes venimeuses qui les fournissent. On pourrait comparer ces glandes à des laboratoires où se fabrique le venin au moyen d'éléments que le sang y apporte, et tandis qu'une portion du produit ainsi élaboré s'échappe par les canaux excréteurs des crochets venimeux, une

(1) ARCH. DE PHYSIOL., avril 1894. — Je suis heureux de remercier ici MM. Phisalix et Bertrand de l'obligeance avec laquelle ils m'ont communiqué l'exposé de leurs travaux.

autre portion est reprise par le sang lui-même, qui la garde en dissolution dans son plasma (1). Le venin du sang et celui des glandes salivaires ne semblent d'ailleurs présenter aucune différence importante, soit quant à leurs effets physiologiques, soit quant à leurs caractères chimiques. C'est en poursuivant les idées de Claude Bernard et de Brown-Séquard sur les *sécrétions internes* que MM. Phisalix et Bertrand ont été amenés à étudier les sécrétions venimeuses, et l'on voit que, dès l'abord, ils ont rencontré dans leur sujet une remarquable confirmation de l'enseignement de ces maîtres.

Une étude analogue faite sur le Crapaud a donné à MM. Phisalix et Bertrand des conclusions semblables, à savoir que le sang du Crapaud est toxique, parce qu'il contient le même venin que ses glandes parotidiennes et cutanées.

Mais plus remarquable encore est le résultat des expériences que ces auteurs ont faites sur les Couleuvres, et qui ont servi, pour ainsi dire, de contre-épreuve à leurs analyses du sang des Vipères. Fontana, dans son beau livre sur le venin de la Vipère(2), avait assuré déjà que les Couleuvres résistent aux morsures des Vipères. Reprenant ces expériences, MM. Phisalix et Bertrand ont inoculé à des Couleuvres des quantités de venin de Vipère capables de tuer vingt cochons d'Inde; et le fait ainsi bien constaté, ils ont cherché à en établir la même interprétation que pour l'immunité de la Vipère. Traitant donc le sang de la Couleuvre comme ils avaient traité le sang de la Vipère, ils ont trouvé, en effet, dans le premier une quantité de venin au moins aussi considérable que dans le second; les inoculations de sang de Couleuvre sont au moins aussi toxiques que celles de sang de Vipère ; et, détail des plus

(1) L'effet des inoculations est le même, que l'on injecte du sérum ou du sang entier.

(2) *Traité sur le Venin de la Vipère.* Florence, 1781.

intéressants, les substances toxiques extraites des deux sangs ont entre elles la ressemblance la plus complète, au point de vue chimique comme au point de vue de leurs effets physiologiques. Guidés par ce résultat, qui dépassait leur attente, les deux chercheurs se demandèrent, comme dans leur étude sur la Vipère, quelle pouvait être dans le cas de la Couleuvre l'origine du toxique sanguin, et, par des expériences que nous ne pouvons relater ici en détail, ils en arrivèrent à cette nouvelle découverte que la Couleuvre possède une glande salivaire non seulement homologue, mais analogue de la glande venimeuse de la Vipère, à part ce double caractère que la première est dépourvue de lacunes servant de réservoir, et qu'elle ne possède pas de canal excréteur et d'arme inoculatrice (1).

La relation d'immunité qui existe entre la Couleuvre et la Vipère suggère immédiatement l'idée de sa généralisation à tous les Ophidiens venimeux, d'autant plus que les analyses des divers venins d'Ophidiens indiquent les plus grandes ressemblances chimiques entre eux. L'idée d'ailleurs n'est pas nouvelle : Guyon, en 1861, la proposait comme un principe à l'Académie des sciences de Paris, ajoutant qu'il avait vu lui-même des Serpents venimeux de plusieurs espèces se mordre les uns les autres sans se tuer (2).

Il faut dire, d'ailleurs, que les recherches de MM. Phisalix et Bertrand ne sont pas les seules qu'on ait tentées pour démontrer le principe de l'accoutumance chez les animaux venimeux. Brown-Séquard avait fait autrefois la belle expérience que voici : après avoir enlevé les glandes venimeuses à un Crotale, et le Reptile guéri de cette petite opération, il lui avait inoculé le venin d'un autre Crotale ;

(1) ARCH. DE PHYSIOL., avril 1894.

(2) Guyon. *Le Venin des Serpents exerce-t-il sur eux-mêmes l'action qu'il exerce sur les autres animaux ?* C. R. AC. SC., 1861.

Tout récemment M. S. Jourdain, devant la même assemblée, a cherché à généraliser la découverte de MM. Phisalix et Bertrand à tous les Ophidiens même non venimeux. C. R. AC. SC., t. CXVIII.

la victime en était morte, quoique, normalement, les Crotales ne puissent pas s'envenimer mutuellement. Toutefois, je dois avouer que l'expérience de Brown-Séquard me semble sujette à caution, et que je voudrais la voir reprendre avec toutes les précautions scientifiques possibles. Les tentatives de MM. Phisalix et Bertrand, qui ont enlevé les glandes venimeuses à plus de soixante Vipères, les ont portés à conclure, à l'encontre des idées de Brown-Séquard, que, même après cette ablation, le sang des Vipères conserve pendant un temps très long une teneur en principes toxiques peu inférieure à celle du sang des Vipères normales.

Ce dernier fait ne laisse pas d'étonner au premier abord ; mais quand on y réfléchit, il me paraît présenter un enseignement fort important ; je me permettrai donc de m'y arrêter quelque peu. Les Vipères privées de leurs glandes ne fabriquent plus de venin, et par conséquent il faut bien, si leur sang reste empoisonné, que ce soit par suite d'une affinité extrême du venin pour le sang, en vertu de laquelle les substances toxiques contractent une sorte d'adhérence invincible, probablement d'ordre chimique, avec le sang.

Il y a lieu de rapprocher ce fait d'un autre que nous avons rencontré au cours de cette étude, je veux dire de la funeste persistance des accidents qui succèdent à une morsure venimeuse grave qui n'a pas entraîné la mort immédiate. Nous avons vu que les victimes des Serpents venimeux qui échappaient aux premiers accidents, devenaient souvent cachectiques. Mais que se cache-t-il sous ce terme vague de cachexie, — un mot si commode pour habiller nos ignorances médicales ! L'échidnisme chronique ne tiendrait-il pas précisément à une altération du sang, dont le plasma serait indissolublement imprégné de poison, comme le sang de Vipère, de Couleuvre, de Crapaud ? Je viens d'évoquer l'idée que cette imprégnation pourrait bien être une véritable combinaison chimique.

Cette idée semblerait trouver un appui dans une observation secondaire que je relève dans les expériences de MM. Phisalix et Bertrand, à savoir que, dans les traitements chimiques que ces savants ont fait subir au venin de Vipère, ils ont constamment remarqué que les principes actifs du venin, — ce que l'on appelait autrefois l'*échidnine*, — exercent une action élective sur les substances albuminoïdes, celles-ci les retenant avec une extrême énergie.

Je sais bien qu'il est encore fort vague de dire, pour interpréter une intoxication, que le poison se combine chimiquement avec les albuminoïdes de l'organisme ; mais, dans les questions encore mal éclairées de la science, on doit signaler les moindres lueurs que l'on rencontre. Nous aurons d'ailleurs à revenir sur les observations que nous venons de présenter, lorsque nous traiterons de la nature des venins et de leurs remèdes.

IV.

NATURE DES VENINS.

Au point de vue chimique, les venins diffèrent profondément de nature entre eux.

Celui de l'Ortie pourrait bien n'être que de l'acide formique plus ou moins dilué.

Les chimistes ont donné à cet acide formique lui-même un nom significatif : ce serait lui qui formerait essentiellement le venin des Fourmis. Il faut dire toutefois que cette idée est probablement fort incomplète, et que, si l'on s'appuie sur les analogies, on doit inférer que le venin des Fourmis est plus complexe. Voici en effet ce que nous apprend M. Carlet sur le venin des Abeilles, qui sont, pour ainsi dire, cousines des Fourmis, puisque les unes et les autres appartiennent à l'ordre des Hyménoptères. Le venin est sécrété par deux appareils glandulaires

distincts, dont l'un fournit un liquide fortement acide (ce serait apparemment de l'acide formique), et l'autre un liquide faiblement alcalin. Injecté expérimentalement à une Mouche, chaque liquide isolé ne produit que peu d'effet, tandis que l'injection des deux liquides mélangés tue la victime d'une manière foudroyante. Lorsqu'on injecte successivement les deux liquides à une même Mouche, elle meurt peu de temps après la seconde injection (1).

Les recherches que j'ai faites sur les Hémiptères m'ont montré que le venin de ces derniers est tout aussi complexe que celui des Abeilles ; comme chez les Abeilles, mais suivant une disposition anatomique toute différente, on constate qu'il y a deux systèmes glandulaires fournissant chacun un produit spécial.

Le venin des Vertébrés diffère profondément de celui des Insectes. Le venin du Crapaud, par exemple, présente toutes les apparences d'un alcaloïde, aussi bien au point de vue chimique qu'au point de vue physiologique.

Mais de tous les venins, celui dont l'étude présente le plus d'intérêt est le venin des Ophidiens ; c'est aussi celui qui a suscité le plus de recherches de la part des physiologistes. Afin d'exposer les résultats de ces recherches sans tomber dans des redites, nous prendrons pour type des venins de Serpents celui que fournit la Vipère.

Le produit de la glande venimeuse de la Vipère n'est pas toxique par toute sa substance : deux à trois dixièmes seulement de son poids représentent sa teneur moyenne en matière essentiellement vénéneuse (2). Le surplus consiste en diverses substances albuminoïdes, en mucus, en matières grasses, en sels, et enfin en eau servant de véhicule.

(1) Carlet. C. R. Acad. Sc. de Paris, 23 juin 1884.

(2) Ce résidu constitue l'une des substances les plus toxiques que l'on connaisse : quatre dixièmes de milligramme tuent un Cobaye de 500 grammes en six heures.

Le principe toxique du venin de Vipère a été signalé par plusieurs auteurs, mais c'est Lucien Bonaparte qui, le premier, le fit nettement entrevoir et qui le baptisa du nom de *vipérine* ou *échidnine*. Weir Mitchell découvrit de même, dans le venin du Serpent à sonnettes, le principe toxique qu'il nomma *crotaline*. D'autres naturalistes, portant leurs analyses sur d'autres venins, signalèrent successivement la *najine*, l'*élaphine*, etc ; mais une étude attentive ne permet guère de trouver de différences importantes entre ces principes, et il convient de les réunir tous sous le nom générique d'*échidnines*. Ce sont des matières albuminoïdes, non coagulables à 100°, insolubles dans l'alcool, solubles dans l'eau et la glycérine.

Les derniers travaux de MM. Phisalix et Bertrand sont ceux qui ont porté le plus loin notre connaissance au sujet des échidnines. Nous en signalerons quelques conclusions particulièrement remarquables.

Au cours de leurs expériences, ces deux savants étudièrent l'action de la chaleur sur l'échidnine extraite du venin de Vipère, et arrivèrent par là à un résultat fort inattendu : à savoir qu'une ébullition rapide de ce toxique modifiait de telle sorte sa constitution, que son injection ne produisait plus ensuite qu'un empoisonnement général, les symptômes locaux disparaissant complètement. MM. Phisalix et Bertrand en déduisirent que l'échidnine elle-même n'est pas simple, mais qu'elle renferme deux poisons : l'un agissant localement à l'endroit de l'injection, et que l'ébullition détruit ; l'autre infectant tout l'organisme, et résistant à une courte ébullition. Ils donnèrent au premier le nom d'*échidnase*, et au second celui d'*échidnotoxine*. La chaleur, du reste, n'est pas sans action sur cette dernière : l'échidnotoxine diminue de toxicité par la chauffe, même au-dessous de 100°, et cette atténuation est d'autant plus marquée qu'on recourt à des températures plus élevées.

Cette curieuse découverte a conduit MM. Phisalix et

Bertrand à rapprocher les échidnines des virus ; ils ont donné à l'échidnase un nom qui les assimile aux diastases : on sait en effet que les diastases sont détruites à l'ébullition. Or, parmi les produits d'excrétion des microbes, on a signalé des substances ayant la plus grande analogie avec les diastases (1). Quant à l'échidnotoxine, elle est de tout point comparable aux toxalbumines : la physiologie pas plus que la chimie ne parvient à les différencier essentiellement ; ce sont toujours des albumines excessivement toxiques ; elles engendrent de part et d'autre des accidents analogues, tantôt foudroyants, tantôt chroniques ; comme l'échidnotoxine, les toxalbumines s'atténuent par une chauffe convenablement ménagée. Rappelons aussi ce fait, déjà cité, que les échidnines comme les toxines microbiques, précipitées par l'alcool dans les réactions qu'on leur fait subir, contractent une extrême adhérence aux autres matières albuminoïdes. Nous pourrions continuer ce parallèle sur plus d'un point ; nous pourrions encore remarquer, par exemple, l'accoutumance que prend l'organisme aux deux sortes de poisons. Mais le trait le plus frappant de la similitude qui existe entre les poisons des microbes et les poisons des Serpents ressort du principal mode de traitement et de prophylaxie, dont nous allons parler au chapitre suivant. Ce remède, c'est la vaccination : on cherche aujourd'hui à vacciner contre les morsures venimeuses d'après les mêmes principes qu'on applique dans la vaccination contre les infections : c'est dire que les venins et les virus sont les uns et les autres capables d'engendrer des antitoxines.

Similitude extrême, identité peut-être entre les venins et les poisons microbiques, tel est donc le dernier mot que la science ait prononcé au sujet des venins. Il fallait, semble-t-il, les procédés de recherche les plus délicats

(1) Roux et Yersin. *Mém. sur la diphtérie,* Ann. Inst. Pasteur, 1888-1889.

de la technique moderne, et les données des découvertes les plus récentes de cette science toute nouvelle qu'on appelle la bactériologie, pour révéler pareille conclusion. Mais le génie supplée à tout : cette conclusion inattendue, je l'ai trouvée toute formulée dans les feuillets poudreux d'un livre vieux de plus de cent ans. Au chapitre XIII de son *Traité sur le Venin de la Vipère,* Fontana s'efforce de prouver cette thèse, que « les maladies putrides agissent sur l'économie animale de la même façon que le venin de la Vipère ». Ce n'est là pour lui qu'une intuition, et certes son idée et ses arguments manquent de précision (1), mais cette intuition n'est-elle pas admirable, et ne peut-on pas dire que, si le vieux physicien de Florence avait possédé les données et les instruments que nous possédons aujourd'hui, il n'aurait rien laissé à découvrir à ses successeurs sur le terrain des venins ?

V.

REMÈDES ET PROPHYLAXIE.

Les venins, différant les uns des autres, appellent évidemment des remèdes divers.

S'il s'agit d'une piqûre dans laquelle l'inflammation locale est une simple irritation due à un acide, comme il semble que c'est le cas pour la piqûre d'Ortie, une goutte d'un liquide alcalin suffit parfois à dissiper la douleur.

La piqûre d'Abeille doit assurément, elle aussi, son

(1) « Les fièvres des prisons et des armées, le scorbut, en un mot, toutes les maladies putrides où la corruption des solides et des fluides est également universelle... Il faut avoir recours à tout autre chose qu'à des sels pour expliquer la force destructive de ces dangereures maladies, qui bouleversent et détruisent en si peu de temps toute l'économie animale... Elles portent dans la machine un *virus* caché, lequel, semblable au venin de la Vipère, fomente la destruction, et la décomposition universelle des solides et des fluides. » *Traité sur le Venin de la Vipère,* Florence, 1781, p. 85.

caractère brûlant à la nature acide du venin, et dès lors les alcalins ou l'ammoniaque sont tout indiqués ; mais si la première douleur cède quelque peu à ces applications, tous les accidents n'en sont pas toujours supprimés. C'est qu'en effet le remède arrive toujours trop tard, alors que le venin a déjà pris l'avance et envahi une portion de l'organisme ; et d'ailleurs, comme nous l'avons dit, il doit y avoir dans le venin de l'Abeille une autre cause pathogène à combattre que l'acidité, cause contre laquelle les alcalins sont impuissants.

Il n'en est pas moins vrai que l'ammoniaque a toujours son effet neutralisant sur l'acide du venin d'Abeille et doit être employée faute d'un antidote plus complet. On a d'ailleurs toujours préconisé l'ammoniaque contre toutes les piqûres et morsures venimeuses, et ce n'est pas sans raison, puisque la plupart des venins sont à réaction acide. De plus, lorsqu'elle est suffisamment concentrée, l'ammoniaque peut cautériser quelque peu la plaie et ses environs. Mais il est évident que le remède est très insuffisant à prévenir les principaux accidents de l'envenimation, surtout les accidents généraux qui se produisent lorsque le venin a eu le temps de se diffuser dans le torrent circulatoire.

C'est naturellement contre les redoutables envenimations dues aux morsures des Ophidiens que l'homme s'est le plus acharné à trouver des antidotes ; la liste des remèdes, les uns utiles, les autres purement bizarres, que la science ou l'imagination ont inventés remplirait un gros livre, et rien ne prouve mieux, malheureusement, que le vrai remède est encore incertain.

Il est facile de remarquer, quand on étudie l'histoire d'une maladie quelconque dans l'histoire générale de la médecine, que l'esprit humain en quête d'un remède suit presque toujours le même chemin : il commence par faire de la médecine symptomatique, et c'est tout naturel : il ne connaît d'abord de la maladie que ses symptômes, ce

sont eux qu'il cherche à combattre, persuadé qu'en eux réside tout le mal Mais bientôt, désabusé, il s'aperçoit qu'en triomphant des symptômes il n'a pas toujours vaincu la maladie, et alors il s'émerveille ; il en vient à soupçonner des causes secrètes, et comme ces causes dépassent sa science naissante, il se décourage ; parfois il croit bien encore que le remède est sous sa main dans la nature qui l'environne, mais incapable de le découvrir, il s'en remet au hasard, et il essaie aveuglément mille procédés. Souvent, alors, il cherche dans les pierre, dans les plantes, quelque objet dont la forme, la couleur, les propriétés physiques lui rappellent la maladie, et son imagination lui fournit à cet effet les rapprochements les plus bizarres. D'autres fois, las de ces vaines recherches auxquelles la nature ne répond guère, il croit à des maladies surnaturelles, et demande un peu d'espoir à des pratiques superstitieuses. C'était bien souvent la médecine du moyen âge, alors que les astrologues, les alchimistes et les médecins se donnaient la main. C'est encore la médecine des peuples barbares, chez qui, presque toujours, le médecin se confond avec le sorcier. Cependant, peu à peu les préjugés tombent, les moyens superstitieux sont abandonnés les uns après les autres, et la médecine symptomatique, qu'on n'a pas abandonnée d'ailleurs, demeure le seul recours. Telle est la première étape de la médecine.

A la médecine symptomatique succède un jour ou l'autre une connaissance plus approfondie de la maladie : on comprend clairement que les symptômes ne sont que des effets, qu'il faut s'attaquer aux causes, et on recherche celles-ci par de laborieuses études : l'art est devenu une science. Jamais autant que dans notre siècle l'esprit de la médecine ne s'est ainsi transformé.

Ces vicissitudes, nous les retrouvons dans les efforts que l'homme a faits pour échapper aux envenimations.

De tout temps, par exemple, un des symptômes les plus

alarmants de l'envenimation avait frappé les observateurs : c'est l'état comateux et l'affaiblissement de la circulation, qui présagent la terminaison fatale. Aussi a-t-on toujours cherché à combattre ces signes funestes par des excitants, et dans tous les pays a-t-on préconisé l'alcool à haute dose. Il passe pour certain, au Brésil aussi bien qu'aux Indes, qu'un homme mordu par un Serpent et qui parvient à s'enivrer fortement est un homme sauvé ; mais il paraît que l'ivresse, dans ces cas extrêmes, est difficile à provoquer. D'après ce que nous avons dit de l'effet du venin sur le système circulatoire, le remède est très plausible.

Il serait facile de citer de nombreux exemples où cette thérapeutique empirique se trouve entachée de pratiques superstitieuses : la Serpentine, marbre vert dont les taches rappellent la moucheture de la robe des Serpents, a longtemps passé pour un antidote. Pour le même motif, la Vipérine, cette Borraginée à fleurs bleues si commune sur les vieux murs, fournissait un remède contre les morsures de Vipère ; la plante et le reptile sont en effet tachetés d'une manière analogue.

Mais sans nous attarder à ces remèdes antiques, nous donnerons une attention plus méritée aux procédés que nous renseigne la science actuelle.

Les spécialistes ont proposé de nombreux antitoxiques, en se basant pour les déterminer sur les notions éparses qu'ils possédaient de la nature des venins.

Nous avons cité l'ammoniaque et la potasse, qu'on emploie beaucoup aux Indes, mais qui sont bien insuffisantes.

Les médecins anglais des Indes recommandaient aussi fortement les préparations arsénicales, à doses violentes. Mais il paraîtrait que de temps en temps cette médication héroïque n'a eu pour résultat que de remplacer, pour les malheureuses victimes, une intoxication par une autre. Les prescriptions que j'ai vues me paraissent en effet fort peu rassurantes : Travers ordonnait, par exemple, de

prendre toutes les demi-heures une dose de 7,5 gr. de liqueur de Fowler jusqu'à huit fois de suite.

Un médecin australien, Müller, dans un livre récent (1), vante la strychnine comme un antidote si merveilleux, qu'il témoigne « sa joie et sa reconnaissance d'avoir été pris par la Providence divine comme l'organe destiné à répandre sur l'humanité un bienfait qui empêchera beaucoup de souffrances et des morts nombreuses »..... Mais l'idée de Müller, combattue par l'expérience, ne semble pas tenir les promesses qu'elle suggérait à son auteur.

Plus récemment encore, M. Calmette annonçait à l'Académie des sciences de Paris (2) que le véritable antitoxique était trouvé : c'était le chlorure de chaux ou de soude administré en injections. Bien plus, c'était un remède préventif : des injections répétées d'hypochlorite de soude conféraient au sang des propriétés antitoxiques. Mais MM. Phisalix et Bertrand, reprenant avec soin les expériences de M. Calmette, et les contrôlant par épreuve et par contre-épreuve, ont démontré que le sel en question tenait toute son action de la propriété que possède l'hypochlorite de calcium d'oxyder rapidement les substances organiques ; cette action se manifeste naturellement sur la substance du venin auquel on mélangerait le chlorure de chaux, mais ne serait d'aucune utilité si on cherchait à l'appliquer en injectant du chlorure de chaux à une victime du Serpent venimeux pour le diffuser dans son sang. Tout ce que l'on pourrait obtenir, ce serait de mortifier les tissus aux environs du point d'injection du chlorure ; par là, on arriverait à retarder la diffusion du venin et peut-être à détruire celui-ci si l'injection est faite immédiatement après la morsure et tout près de l'endroit mordu ; ce serait une simple cautérisation, mais il y a

(1) Müller. *On Snakepoison, its Action and its Antidote.* Sydney, 1894.
(2) Comptes rendus Ac. des sc. de Paris, t. CXVIII, p. 720. 1894.

loin de là aux vertus que M. Calmette attribuait à son remède.

Tout au plus, donc, en supposant les conditions les plus favorables, les hypochlorites de chaux ou alcalins exerceraient une action locale. Cette action n'est évidemment pas propre aux hypochlorites : Kaufmann avait depuis longtemps obtenu le même résultat incomplet par des injections d'acide chromique au 1/100 ; comme les hypochlorites, l'acide chromique brûle le venin auquel on le mélange, et peut, pour ce motif, enrayer l'envenimation, à la condition que l'inoculation soit faite aussi près que possible de la plaie de la morsure. Cette inoculation serait sans effet, comme celle de l'hypochlorite, si on la pratiquait, comme le conseille M. Calmette pour l'hypochlorite, à une assez grande distance de la plaie envenimée.

Les expérimentateurs trouvèrent une voie plus droite en cherchant, non pas un remède proprement dit, mais une influence préventive dans les phénomènes de l'*accoutumance*. Kaufmann en avait eu l'idée en 1886, et avait pratiqué déjà quelques expériences à ce sujet en inoculant à des Cobayes des quantités de venin d'abord très minimes, puis successivement croissantes, mais il n'avait pu se rendre un compte exact de l'immunité qu'il avait ainsi conférée (1). Frazer, à Édimbourg, a poursuivi depuis 1889 des recherches semblables mais plus complètes : à la suite d'inoculations successives, il est arrivé à injecter à divers animaux des doses cinquante fois mortelles. M. Calmette a également réussi à immuniser des Lapins et des Cobayes de la même façon. Enfin, nous avons indiqué plus haut les études de MM. Phisalix et Bertrand sur l'accoutumance au venin vipérique.

MM. Phisalix et Bertrand, de leur côté, découvrirent en 1894 un nouveau procédé d'immunisation, en étudiant

(1) Arloing, dans le *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, art. « Venin » (1886), cite ces expériences alors encore inédites.

l'action de la chaleur sur les venins, étude que nous avons déjà citée. Ils constatèrent que le venin, chauffé à 75° environ pendant un quart d'heure, non seulement perd totalement son action phlogogène locale et modifie son action générale, ainsi que nous l'avons dit, mais, en outre, immunise l'organisme contre des doses mortelles de venin normal qu'on inocule ensuite ; à raison de cet effet, les auteurs de la découverte donnent au venin ainsi chauffé le nom significatif d'*échidno-vaccin*.

Il est à remarquer, en passant, que cette immunisation ne suit pas immédiatement l'inoculation vaccinale, mais ne se manifeste qu'après une sorte d'incubation de vingt-quatre à quarante-huit heures. Ainsi le parallèle entre le vaccin et la toxine microbique se trouve confirmé dans le détail : MM. Phisalix et Bertrand estiment en effet que la nécessité d'une incubation de l'échidno-vaccin dans l'organisme prouve que l'antitoxine du venin n'existe pas dans l'échidno-vaccin, mais n'est qu'un produit de l'organisme réagissant contre cet échidno-vaccin, qui n'est, en définitive, qu'un poison affaibli. C'est ainsi que l'on interprète aussi la formation des antitoxines microbiques (1).

Mais revenons à notre sujet. Il est certain que l'idée de s'adresser à l'accoutumance pour préserver l'organisme des envenimations rapprochait du but les chercheurs : on avait compris qu'il fallait combattre non les accidents locaux, qui sont secondaires, mais les accidents généraux qui sont essentiels ; on visait la cause même du mal. La découverte de l'échidno-vaccin par le procédé de la chauffe faisait faire un pas de plus. Mais enfin, ni l'accoutumance, ni l'échidno-vaccin ne procuraient toute l'immunité désirée.

Le dernier pas qui restait à faire, c'était d'appliquer aux

(1) C'est même ainsi que MM. Courmont et Doyon interprètent l'intoxication tétanique : pour eux, la toxine tétanique n'est qu'un produit de réaction de l'organisme. BULLETIN SOC. DE BIOLOGIE, mars 1895. — Charrin, *Mécanisme de l'action des toxines*, REV. GÉNÉRALE DES SC. PURES ET APPLIQUÉES, 1895, p. 24.

envenimations la méthode sérothérapique. Du moment que le poison des Serpents était assimilable au poison des microbes, la sérothérapie imaginée par les bactériologistes se présentait comme d'elle-même à l'esprit des travailleurs du venin. Qui eut le premier l'idée de cette application? c'est ce que l'on ne pourra jamais élucider. Fraser la mit en œuvre à Édimbourg, Calmette l'étudia à l'Institut Pasteur, Phisalix et Bertrand au Muséum. Devant l'Académie des sciences de Paris, MM. Phisalix et Bertrand suscitèrent la question de priorité entre eux et M. Calmette; ils y eut quelques réclamations de part et d'autre, et, si nous sommes bien informé, M. Calmette parvint à établir qu'il avait énoncé sa manière de voir devant Société de Biologie le 10 février 1894, tandis que la communication dans laquelle MM. Phisalix et Bertrand parlaient proprement de sérothérapie à l'Académie des sciences avait été lue à la séance du 12 février, c'est-à-dire quarante-huit heures après! Si l'Académie des sciences tenait ses séances le jeudi, ou bien si la Société de Biologie tenait les siennes le samedi, le débat eût été plus amusant!... Pour nous, il faut l'avouer, nous ne saisissons pas bien l'immense importance d'une avance ou d'un retard de quarante-huit heures dans la lecture de rapports qui résument plusieurs mois de travail : la science n'est pas un champ de course ; nous sommes persuadé que MM. Phisalix et Bertrand d'une part, M. Calmette de l'autre ont loyalement poursuivi leurs recherches respectives, et il nous paraît impossible de décider lequel d'entre ces ardents travailleurs a eu le premier l'idée d'étudier la sérothérapie des envenimations.

Il est sans doute plus important de déterminer par quelle méthode on arrivera le plus sûrement à appliquer le remède. La principale question à résoudre à ce sujet, c'est de trouver un bon procédé pour provoquer l'immunisation d'un animal et faire de son sérum un vaccin puissant et durable.

M. Calmette propose d'immuniser soit par des injections d'hypochlorite avec ou sans mélange de venin, soit par l'accoutumance. Nous avons vu ce qu'il fallait penser du premier procédé, qui doit évidemment être abandonné. Quant à l'accoutumance, elle mérite plus de confiance, nous semble-t-il, puisqu'elle procure une véritable immunisation; il paraît d'ailleurs bien clair que cette immunisation d'accoutumance est due à la formation d'antitoxine dans le sang, et M. Calmette, en effet, a réussi à vacciner avec le sérum d'animaux qu'il avait mithridatisés. C'est également à cette méthode que s'adresse M. Fraser dans ses essais de sérothérapie.

A l'immunisation par accoutumance, MM. Phisalix et Bertrand préfèrent leur procédé récemment découvert, c'est-à-dire l'injection d'échidno-vaccin produit par la chauffe convenablement ménagée du venin : d'après ces auteurs, le sang des animaux acquerrait des propriétés antitoxiques beaucoup plus puissantes que celui des animaux mithridatisés, et de plus cette méthode n'offre pas les dangers inhérents aux inoculations de venin normal qu'on est forcé d'employer pour produire l'accoutumance.

Il est évident qu'une longue série d'expériences est encore nécessaire pour faire prévaloir définitivement un des procédés sur l'autre, pour produire le sérum antitoxique dans toute sa puissance, pour déterminer exactement sa valeur vaccinale, enfin pour fixer les conditions les plus favorables de son emploi. Espérons qu'aux mains de savants aussi experts que ceux dont nous venons d'analyser les travaux, le remède obtiendra bientôt toute son efficacité, et que désormais le voyageur, l'explorateur scientifique, le missionnaire, munis de quelques tubes à vaccin, pourront parcourir avec moins de danger les pays redoutables qui servent de patrie aux Serpents venimeux.

MAURICE LEFEBVRE,
Docteur en sciences.

LE FROID

SON INFLUENCE SUR LES PHÉNOMÈNES

PHYSIQUES, CHIMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES (1)

II.

Complexes et variés sont les effets des basses températures sur les phénomènes physiques. Les démêler, les expliquer surtout est chose bien difficile, pour ne pas dire impossible, dans l'état actuel de la science.

Aussi n'est-ce pas là notre but. Nous avons voulu uniquement rassembler en quelques pages les travaux les plus intéressants touchant cette question, rapprocher entre eux les résultats fournis par les divers expérimentateurs, et tirer de ce rapprochement et de cette simple exposition des faits les conclusions qui semblent s'en déduire.

Un des effets les plus importants du froid, et d'ailleurs le plus étudié de tous, c'est *la liquéfaction et la solidification des gaz.*

Lavoisier (1) avait été bien inspiré lorsque, à une époque où l'on regardait encore l'état gazeux comme un état

(1) Voir la livraison précédente, octobre 1895, pp 522 et suiv.

(2) Cfr *Recueil des mémoires de Chimie de Lavoisier (Œuvres de Lavoisier publiées par le Ministère de l'Instruction publique,* t. II, pp. 804 seqq.).

permanent, il disait qu'un jour, peut-être, on ferait passer les gaz à l'état liquide, voire même à l'état solide.

Il avait raison. L'état liquide et l'état gazeux d'un corps (on pourrait en dire autant de l'état solide) ne sont que des modes d'être différents d'une même matière. Notre conception de la différence des états liquide et gazeux est uniquement basée : 1° sur la différence de compressibilité ; 2° sur la dilatation limitée des liquides, illimitée des gaz; 3° sur la différence de densité et les conséquences qui en résultent au point de vue des sensations musculaires et optiques. Mais ces différences ne sont après tout que des différences de degré, et l'on comprend qu'elles puissent s'annuler (1).

D'ailleurs, entre les liquides franchement liquides et les gaz franchement gazeux viennent se placer des corps qui semblent tenir à la fois des deux états. A 36°, l'éther éthylique $(C_2H_5)_2O$ liquide s'est déjà transformé en vapeurs d'éther ; à 19°, l'éthylamine $(C_2H_5NH_2)$ entre en ébullition ; le butane normal $(CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3)$ rentre déjà dans la catégorie des corps gazeux dans les conditions ordinaires, car il bout à + 1° ; la méthylamine (CH_3NH_2), l'anhydride chloreux (Cl_2O_3), l'anhydride azoteux (N_2O_3) deviennent gazeux à la température de la glace fondante, etc., etc.

Il n'y a donc pas de distinction essentielle à établir entre l'anhydride carbonique gazeux et l'anhydride carbonique liquide, comme il n'y en a pas non plus entre l'eau et sa vapeur. Et comme tout liquide peut être transformé en vapeurs, ainsi toute vapeur ou tout gaz pourra se transformer en liquide.

Nous n'avons plus à revenir sur le mode de liquéfaction des gaz, — ce sujet a été traité dans la première partie de notre travail; mais il nous reste à exposer l'historique de cette intéressante question.

(1) Cfr Maxwell, *La Chaleur*, trad. par G. Mouret. Note du trad., p. 155.

Chose étonnante! parmi les corps franchement gazeux, ce ne fut pas l'un des plus faciles qu'on parvint à liquéfier le premier : cet honneur échut au gaz ammoniac. Van Marum, essayant de vérifier sur ce gaz la loi de Mariotte, le vit à sa grande stupéfaction se transformer en liquide sous l'effet d'une pression de six atmosphères, et couler en gouttelettes incolores le long des parois du tube.

En 1799, Guyton de Morveau fit avec Clouet et Hachette des expériences sur les mélanges réfrigérants (1). Il soumit en particulier l'ammoniaque à un refroidissement de — 48°, 75. L'ammoniaque se liquéfia ; mais comme le gaz employé n'était pas parfaitement sec, Guyton ne vit en cela que la condensation de l'eau qu'il renfermait. Baccelli répéta ces mêmes expériences en 1812 à l'université de Bologne.

Plusieurs années auparavant (1795), Hassenfratz, Welter, Bonjour et Hachette avaient réalisé la solidification du mercure à l'École polytechnique (2).

Monge et Clouet liquéfièrent à leur tour le gaz sulfureux par simple refroidissement à — 10°.

Pendant vingt-cinq ans, cette partie de la science ne fait aucun progrès. Mais en 1824 arrive sur la scène l'illustre physicien Faraday, qui pendant longtemps sera considéré comme presque seul arbitre dans cette question.

Avec l'appareil si simple que nous avons décrit plus haut, il liquéfie tout d'abord l'ammoniaque, le gaz sulfureux, le chlore, le gaz carbonique. Et lorsque son appareil, perfectionné par Thilorier, lui a fourni la neige d'anhydride carbonique en quantité suffisante, il comprime (1845) à cinquante atmosphères l'acétylène (C_2H_2) et l'hydrogène phosphoré (PH_3) dans un tube qu'il plonge au sein d'un mélange d'anhydride carbonique et d'éther, à une température de — 79°. L'acétylène et l'hydrogène

(1) Annales de Chimie, 1re série, t. XXIX, p. 290.

(2) Journal de l'École polytechnique, 1er cahier, Germinal an III, pp. 123-128.

phosphoré ne résistent pas à des moyens si puissants, et ils viennent s'ajouter à la nomenclature des gaz liquéfiés.

Dès lors la liquéfaction d'un nouveau gaz est chose presque quotidienne. Aucun ne semble offrir de résistance dans les mains de Faraday et des autres expérimentateurs de l'époque.

Bientôt pourtant le savant anglais se trouve arrêté devant quelques gaz qui résistent à tous ses efforts : le méthane (CH_4), l'oxyde de carbone (CO), l'oxyde d'azote (NO), l'oxygène, l'azote et l'hydrogène sont réellement de mauvaise volonté.

Il n'y a pas de doute, se disait-on : ces corps sont des *gaz permanents,* des gaz par essence ; on ne pourra jamais les amener à l'état liquide : Faraday ne l'a pas pu ; il serait téméraire de le tenter après lui, et après tant d'autres qui n'ont pas mieux réussi.

Pareil langage nous semble étrange aujourd'hui. Mais il faut nous rappeler quels efforts de tout genre on avait tentés pour produire la liquéfaction des six gaz réfractaires. En vain des physiciens et des chimistes célèbres, entre autres Natterer, Andrews, M. Berthelot, firent-ils subir à ces gaz des pressions énormes ; ils ne purent aboutir à aucun résultat.

Aimé, dans des expériences qu'il fit sur les côtes d'Alger, remplissait d'air atmosphérique des manomètres qu'il laissait ensuite descendre au fond de la Méditerranée. Il réalisait ainsi une pression de 400 atmosphères sans qu'il y eût trace de liquéfaction. M. Berthelot ne fut pas plus heureux en soumettant à une pression de 780 atmosphères l'air renfermé dans l'espace libre d'un thermomètre. En 1854 déjà, un savant viennois, Natterer, avait soumis sans résultat l'hydrogène et l'azote à des pressions qu'il évalue à 3600 atmosphères.

Trois mille six cents atmosphères ! Comment nous rendre compte de pareille pression ? Si nous voulions lui faire équilibre au moyen d'une colonne de mercure, il

faudrait donner à cette colonne neuf fois la hauteur de la tour Eiffel ; si, au lieu de mercure, nous employions l'eau, notre colonne ne devrait pas avoir moins de trente-sept kilomètres de hauteur ! Et cependant Natterer vit les corps soumis à ces pressions effrayantes rester encore parfaitement gazeux, alors que dans ces conditions la densité de l'azote était presque égale à celle de l'eau et supérieure à celle qu'on trouva plus tard pour l'azote liquide, celle-ci n'étant que de 0,885.

Devant ces expériences multipliées l'erreur des savants de cette époque nous semble bien pardonnable.

Pourtant plus sage fut Faraday. Il se souvint d'une expérience de Cagniard de la Tour, expérience qui date de 1822 (1). Le savant français, après avoir renfermé dans un tube de verre une certaine quantité d'éther sulfurique, le chauffait progressivement et sous pression de façon à le transformer en vapeur. L'appareil était tellement disposé qu'on pouvait à chaque instant connaître la pression exercée dans le tube. Quand il fut arrivé à 190° (la pression était alors de 38 atmosphères), il vit soudain la ligne de démarcation qui avait existé jusque-là entre le liquide et ses vapeurs s'effacer de plus en plus, puis disparaître complètement. C'était la découverte du *point critique*.

Nous ne pouvons entrer ici dans beaucoup de détails, ce serait sortir du cadre que nous nous sommes tracé ; il nous suffira de rappeler brièvement ce que l'on entend par ce mot.

A tout corps gazeux correspond une certaine température, et à cette température une certaine pression et un certain volume auxquels on a donné le nom de « température, pression, et volume critiques », et qui caractérisent un état particulier du gaz.

Au-dessus de son point critique, il est impossible de le

(1) ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, t. XVI, p. 127, et t. XXII, p. 410.

liquéfier ou de le conserver liquide, quelle que soit la pression qu'on lui fasse subir.

Pour l'anhydride carbonique, ce point est situé à + 31° de l'échelle centigrade, température supérieure à la température ordinaire de l'atmosphère. Voilà pourquoi on peut obtenir l'anhydride carbonique liquide sous la seule influence de la pression.

Mais à l'époque de Faraday on ne pouvait guère descendre au-dessous de — 100°. Comme le point critique des six gaz (excepté celui du méthane et de l'oxyde azotique) est situé beaucoup plus bas, il était impossible de les liquéfier, quelque énorme que fût la pression exercée.

Faraday avait cependant prévu qu'en abaissant encore la température on pourrait amener à l'état liquide ces gaz récalcitrants, tout comme on y avait amené les autres. L'expérience est venue confirmer les prédictions de l'illustre savant.

Le 24 décembre 1877 fut un jour mémorable pour l'Académie des sciences de Paris. On y apportait une nouvelle bien propre à émouvoir le monde savant : « l'oxygène est liquéfié ».

Déjà, un mois auparavant, M. Cailletet avait pu, grâce à son ingénieux appareil, obtenir sous forme de brouillard, par détente, l'oxyde azotique et le méthane. A la séance dont nous parlons, il faisait part à l'Institut de ses travaux sur l'oxygène (1). Ayant comprimé ce gaz à 300 atmosphères et l'ayant refroidi à — 29°, il avait obtenu par brusque détente un brouillard d'oxygène. L'oxyde de carbone lui avait d'ailleurs donné les mêmes résultats.

Étaient-ce des vapeurs, étaient-ce déjà des particules liquides, voire même solides ? Il n'en pouvait rien dire. Mais cela devait être, pensait-il, puisque, par cette brusque détente de trois cents à une atmosphère, il avait abaissé la température de plus de 200°.

(1) Comptes rendus, LXXXV, pp. 1213 seqq.

Le phénomène dont nous venons de parler se reproduit dans les mêmes conditions pour l'anhydride carbonique et précède immédiatement sa liquéfaction. Lui aussi, lorsqu'il est soumis à la brusque détente, descend dans le tube sous forme d'un brouillard très fin.

M. Cailletet était donc en droit de conclure que l'oxygène et l'oxyde de carbone étaient bien près de leur point de liquéfaction, s'ils ne l'avaient pas déjà atteint. MM. Sainte-Claire Deville, Berthelot, Mascart et d'autres savants, qui assistèrent à cette expérience, partageaient en cela l'opinion de leur confrère.

Cette seule communication eût suffi pour inscrire cette journée au livre d'or de l'Académie. Ce n'était pourtant pas tout. Après la lecture de ce mémoire en vint un second tout aussi important que le premier.

Pendant que M. Cailletet, dans son laboratoire de Châtillon-sur-Seine, parvenait à de si beaux résultats, M. Pictet à Genève travaillait dans la même voie avec non moins de succès. Grâce à son mélange d'anhydrides carbonique et sulfureux, il avait pu maintenir quelque temps une température de — 110°. En comprimant l'oxygène à 500 atmosphères et en lui ouvrant subitement un accès à l'air libre, le gaz n'avait plus revêtu la forme de brouillard, mais il s'était précipité au dehors sous forme de jet liquide.

Conclusions à tirer de cette séance : dans la liquéfaction de l'oxygène, la priorité appartient sans nul doute à M. Cailletet ; néanmoins les magnifiques résultats obtenus par M. Pictet ne perdent pour cela rien de leur valeur.

Quelques jours plus tard, le 11 janvier 1878 (1), M. Pictet envoyait une nouvelle dépêche à l'Académie : « Hydrogène liquéfié hier (10 janvier), 650 atmosphères et 140° de froid. Solidifié par évaporation ; jet couleur bleu acier, intermittent ; projection violente de grenailles

(1) Cfr COMPTES RENDUS, LXXXVI, pp. 106 seqq.

sur le sol avec bruit strident très caractérique. Hydrogène solide conservé plusieurs minutes dans le tube. »

Une lettre explicative suivait. L'hydrogène avait été obtenu par l'action de la potasse caustique sur le formiate de potassium, la température de — 140° réalisée par l'emploi du protoxyde d'azote. — La raison pour laquelle M. Pictet croyait à la solidification de l'hydrogène dans le tube de son appareil était l'intermittence du jet gazeux qui s'en échappait.

Hélas ! cette fois l'illustre savant s'était laissé abuser par une illusion très compréhensible et très pardonnable dans une expérience aussi délicate. On dut le reconnaître plus tard : l'hydrogène n'avait pas été solidifié, peut-être pas même liquéfié. Ce n'est pas la seule fois d'ailleurs que la fausse nouvelle de la liquéfaction de l'hydrogène se répandit dans le monde savant.

A l'heure où nous sommes arrivés, ce gaz était le seul récalcitrant. Toutefois, il faut l'avouer, les cinq autres gaz « permanents » n'avaient été eux-mêmes liquéfiés que pour quelques instants ; on n'avait pas, surtout en quantités considérables, l'oxygène ou l'azote liquides à l'état stable, ou bien il fallait se résigner à les regarder à travers un tube en verre très épais.

Pendant cinq ans, aucun progrès sensible ne se fait plus remarquer. Mais le 16 avril 1883, deux savants polonais, von Wroblewski et M. Olzewski, annoncent à l'Académie(1) qu'ils viennent de liquéfier l'oxygène et l'azote, et de solidifier le sulfure de carbone et l'alcool par un procédé

(1) Lorsque les premiers résultats des recherches de von Wroblewski et de M. Olzewski furent connus à Paris, M. Cailletet souleva la question de priorité. Cfr REVUE DES DEUX MONDES, 1884, un article de Jamin intitulé : *Comment l'air a été liquéfié.* — Les deux savants polonais employèrent, il est vrai, l'appareil de M. Cailletet, mais en le perfectionnant. L'idée de se servir d'éthylène liquide comme réfrigérant était due, elle aussi, au physicien français (COMPTES RENDUS, XCIV, p. 1224) ; mais ce que ce dernier n'avait pu réaliser, liquéfier l'oxygène par ce procédé, von Wroblewski et M. Olzewski le réalisèrent.

nouveau. Ils ont perfectionné l'appareil de M. Cailletet (1) et, en faisant évaporer l'éthylène dans le vide, ils sont parvenus à maintenir une température de — 140°. L'oxygène sous pression de 22,5 atmosphères se liquéfie à — 136°. A cette même température, l'azote soumis à la pression de 150 atmosphères ne donne rien encore ; mais, par une détente brusque, il se produit au sein du gaz qui se liquéfie à l'instant une ébullition tumultueuse. Si la détente est lente, lorsqu'on arrive à 50 atmosphères, l'azote est liquéfié d'une façon complète, mais il reste peu de temps à l'état stable.

Grâce à cette découverte, on put dès lors obtenir l'oxygène en quantités plus considérables et mieux étudier ses propriétés. On reconnut que son point critique était — 118°, 8. Faraday ne pouvait donc pas réussir à le liquéfier, lui qui n'avait à sa disposition qu'une température de — 100°.

Le point critique de l'azote est situé plus bas encore : à — 140°. Voilà pourquoi les deux savants professeurs de Cracovie n'avaient pu l'obtenir liquide par la seule pression à la température de — 136°, et pourquoi à cette même température ils ne pouvaient le conserver à l'état stable. Mais en se servant du méthane au lieu de l'éthylène, selon le conseil M. Cailletet, on obtient un froid de — 160° ; dès lors la liquéfaction de l'azote est grandement facilitée.

L'oxygène sous la pression atmosphérique bout à — 182°, 7. Voilà donc un nouveau liquide volatil capable de produire un froid de — 182°, et par l'évaporation rapide un froid plus intense encore.

L'ébullition de l'azote sous la pression normale peut fournir une température de — 198°. C'est par l'évaporation, dans le vide, de l'azote liquide qu'on a obtenu la plus basse température réalisée jusqu'ici : — 225° (Olzewski, Comptes rendus, C, p. 351).

(1) Cfr Revue des quest scient., octobre 1895, p. 550.

L'azote et l'oxygène, les deux principaux constituants de l'air atmosphérique, étant liquéfiés, rien d'étonnant si cet air dans lequel nous vivons et nous respirons, cet air si léger, si subtil, on l'a lui-même obtenu liquide.

L'Angleterre a, elle aussi, son représentant dans la question qui nous occupe. En 1892, dans une « lecture publique » donnée sur ce sujet à la « Royal Institution », M. Dewar a pu montrer à ses auditeurs *un litre* d'oxygène liquéfié. Il se servit ensuite de l'évaporation de cet oxygène pour liquéfier l'air ; et l'on vit l'air même de la salle ruisseler en gouttelettes dans un tube entouré d'oxygène liquide sous faible pression, comme la vapeur d'eau se condense et ruisselle contre un mur froid.

C'est à — 192° que cela se passe. Si la terre se refroidissait jusque-là, toute l'atmosphère se résoudrait en pluie d'air liquide et ne formerait sur une surface supposée unie qu'une couche de onze à douze mètres d'épaisseur.

Il est curieux de remarquer que si les deux constituants de l'air, l'oxygène et l'azote, se liquéfient ensemble à un point intermédiaire (— 192°) entre leurs points d'ébullition normaux (— 182° et — 198°), ils s'évaporent l'un après l'autre. L'azote plus volatil s'en va le premier, l'oxygène le suit. Ce fait explique pourquoi la plupart des expériences sur les grands froids se font avec l'oxygène plutôt qu'avec l'air liquide. L'air liquéfié n'a pas une température d'ébullition constante ; à mesure que l'azote s'en va, ce point s'élève jusqu'à — 182° ; il est alors complètement transformé en oxygène. A partir de ce moment, le point d'ébullition reste constant.

L'oxygène et l'azote sont donc liquéfiés ; mais l'hydrogène ?

Le 21 janvier 1884, nouvelle dépêche à l'Académie des sciences (1), dépêche adressée cette fois par von

(1) Comptes rendus, XCVIII, p. 149.

Wroblewski : « Hydrogène refroidi par oxygène bouillant s'est liquéfié par détente. »

Fausse nouvelle encore une fois ; l'auteur avoue lui-même qu'il n'a obtenu l'hydrogène liquéfié qu'à l'état dynamique (1). Et encore ?

M. Olzewski, opérateur si habile pourtant, essaie mais en vain d'arriver à la liquéfaction de l'hydrogène par l'ébullition de l'oxygène. Après avoir rapporté plusieurs expériences infructueuses, il continue en ces termes (2) :

« Les deux expériences que j'ai faites depuis ce temps ont été plus heureuses et plus positives. Elles démontrent que l'hydrogène, soumis à la pression de 190 atmosphères et refroidi par l'oxygène bouillant dans le vide (6 mm. de mercure), ne laisse pas reconnaître de ménisque ; mais quand on lui fait subir une détente rapide, il laisse voir une ébullition momentanée ne durant pas même une seconde, et projette de petites gouttes incolores et transparentes dans la partie supérieure du tube.

» Ce phénomène est donc absolument analogue à celui que M. Cailletet a observé dans l'oxygène refroidi par l'éthylène bouillant sous la pression atmosphérique et soumis à une détente subite. »

Il en conclut que l'oxygène bouillant, fût-ce même dans le vide, ne suffit pas à liquéfier l'hydrogène, tout comme l'éthylène bouillant sous la pression normale ne peut pas provoquer la liquéfaction de l'oxygène.

Quelques mois après (3), M. Olzewski essaie la liquéfaction de l'hydrogène par l'azote bouillant.

« Quand l'azote s'évaporait dans le vide, dit-il, et que la pression de l'hydrogène tombait de 160 à 40 atmosphères, je voyais l'hydrogène se condenser en un liquide incolore et transparent, projeté dans le tube et ruisselant sur ses parois. » Mais ces gouttes disparaissaient aussitôt.

(1) Comptes rendus, XCVIII, p. 985.
(2) Ibid., p. 365.
(3) Ibid., p. 913.

C'était la liquéfaction de l'hydrogène à l'état dynamique. Le froid produit par l'ébullition de l'hydrogène dans le tube solidifiait pour quelques instants l'azote liquide.

Depuis, on a fait de grands progrès dans l'étude des propriétés des gaz aux basses températures, mais la liquéfaction de l'hydrogène à l'état stable est encore à réaliser. Ne désespérons pas cependant ; un grand pas vient d'être fait vers ce terme désiré.

Le 21 mars 1895, NATURE de Londres donnait une dépêche de M. Olzewski adressée à M. Ramsay, l'un des deux savants qui ont découvert l'argon :

« J'ai réussi, disait-il, à déterminer la température critique et le point d'ébulition de l'hydrogène : j'ai trouvé pour l'un — 234°,5, et pour l'autre — 243°,5. »

Voici comment le savant polonais avait opéré pour la réalisation de mesures aussi délicates (1).

Il produisait d'abord l'ébullition de l'hydrogène sous la pression critique (20 atm., d'après lui) et sous la pression atmosphérique. Pour cela il refroidissait à — 211° le gaz fortement comprimé. Il le laissait ensuite se détendre lentement et réglait la détente de façon que l'ébullition se produisît sous pression finale de 20 atm. ou d'une seule atmosphère. Celle-ci se maintenait constante quelques instants pendant lesquels il fallait prendre la température de l'hydrogène bouillant.

Pour évaluer de si basses températures, on ne peut guère recourir qu'à un seul moyen : la méthode des résistances électriques de MM. Cailletet et Colardeau. C'est cette méthode que le professeur de Cracovie a employée, et il a trouvé de cette façon comme température critique de l'hydrogène — 234°,5, comme point d'ébullition normale — 243°,5 (2).

(1) REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, 30 juillet 1895, p. 617. E. Mathias, *La Liquéfaction de l'hydrogène.*

(2) Ces résultats concordent suffisamment avec les résultats trouvés théoriquement par M. Natanson, un collègue de M. Olzewski, à l'aide de la relation

Il s'agit donc à présent de produire un froid de — 234°,5, et l'hydrogène, lui aussi, sera liquéfié à l'état stable ; on pourra le voir non plus sous la forme d'un brouillard tellement peu perceptible qu'il faut un éclairement particulier pour l'apercevoir, mais bel et bien liquide comme l'oxygène et les autres gaz dits « permanents ».

Certes on y arrivera, mais quand et comment ? — Il y a d'ailleurs ici une très grave difficulté ; et peut-être faudra-t-il encore du temps avant qu'on puisse la surmonter. Pour tous les autres gaz, même pour l'oxygène et l'azote, on dispose de liquides dont le point d'ébullition, soit sous la pression normale, soit dans le vide, est situé au-dessous du point critique de ces gaz. Pour l'hydrogène au contraire il n'en est rien : la température d'ébullition dans le vide de l'azote (le gaz qui entre en ébullition le premier après l'hydrogène) est — 225°, et la température critique de l'hydrogène — est 234°5 ! Peut-être l'avenir nous réserve-t-il la découverte d'un nouveau gaz intermédiaire dont le point d'ébullition soit situé entre celui de l'azote et celui de l'hydrogène (1).

Quoi qu'il en soit, un grand pas vient d'être fait. Et il est à espérer que la science du froid trouvera bientôt une nouvelle cause de rapides progrès dans l'emploi de l'hydrogène liquide comme agent frigorifique ;

suivante que fournit la thermodynamique : $(T_1 : T_0)^{\gamma} = (p_1 : p_0)^{\gamma-1}$; $\gamma = 1,40$, rapport des chaleurs spécifiques de l'hydrogène. M. Natanson trouve ainsi pour température critique — 231°. Il aboutit presque au même résultat (— 232°) par la loi des états correspondants de M. van der Waals. Cfr REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, *loc. cit.*

(1) Pendant que cet article était sous presse, une note de M. Solvay a paru (COMPTES RENDUS, CXXI, p. 1141, 30 décembre 1895) faisant allusion aux travaux de M. Lunge à Munich. Ce savant parvient à liquéfier l'air au moyen de l'air lui-même, par plusieurs détentes successives. La théorie indiquait tout naturellement cette voie à tenter, mais on n'y était pas entré jusqu'ici dans la pratique.

Voilà donc un moyen, M. Cailletet le constate (IBID., p. 1143.), de liquéfier l'hydrogène : les détentes successives du gaz à liquéfier. Ajoutons qu'on pourra vraisemblablement arriver de la même manière à liquéfier l'hélium, et couronner ainsi l'œuvre de la liquéfaction des gaz.

elle aura alors à sa disposition une température de — 243°, et une température plus basse encore par l'évaporation rapide de ce gaz réfractaire.

Telle est dans son ensemble l'histoire de la liquéfaction des six gaz réputés permanents à l'époque de Faraday. Mais depuis lors deux découvertes, de date récente, ont amené sur la scène scientifique deux corps nouveaux : l'*argon* et l'*hélium*. Les hommes de science d'il y a vingt ans, s'ils les avaient connus, les eussent certainement rangés, eux aussi, parmi les gaz permanents.

L'argon fut liquéfié et solidifié sans difficulté par M. Olzewski dès sa première apparition (1). Sa température d'ébullition est — 186°,9, et celle de fusion — 189°,6. A peine deux degrés de différence : peu s'en faut qu'il ne puisse pas exister liquide sous la pression normale, propriété qu'il partagerait avec le gaz carbonique.

Et l'hélium ? Pour lui, malheureusement, il n'en va plus comme pour l'argon. M. Olzewski adressait à M. Ramsay, il y a quelques mois, une lettre dont le savant anglais a communiqué le contenu à NATURE (2).

« Ayant soumis, dit M. Ramsay, l'échantillon d'hélium que je lui avais envoyé au même traitement que celui par lequel il avait réussi à liquéfier l'hydrogène, c'est-à-dire en comprimant le gaz à la pression de 140 atmosphères, en le refroidissant à la température de l'air en ébullition sous faible pression, puis en le détendant d'une façon soudaine, il n'a pu découvrir aucun signe de liquéfaction.

» Il ne faut pas s'étonner que l'hélium se liquéfie plus tard que l'hydrogène alors qu'il a une densité plus grande que lui. La même chose se remarque pour l'argon et pour l'oxygène. M. le professeur Olzewski attribue ce

(1) Cfr REVUE DES QUEST. SCIENT., juillet 1895. R. P. Fern. Goossens, S. J., *L'Argon*, pp. 166 seqq.
(2) NATURE, Oct. 1895, p. 544.

phénomène à la simplicité de la structure moléculaire de l'argon. Semblable fait semble donc arguer en faveur de la simplicité de l'hélium, bien que des recherches ultérieures aient confirmé l'opinion de M. Runge, qui voit dans l'hélium un mélange de deux ou plusieurs gaz. S'il en était ainsi, les points d'ébullition de ces deux ou plusieurs gaz seraient situés extraordinairement bas. »

D'après cette lettre, on peut juger que, malgré les beaux résultats obtenus dans ces dernières années, on est loin encore d'avoir réalisé la liquéfaction de *tous* les gaz. L'hydrogène et l'hélium surtout ne seront peut-être pas de sitôt liquéfiés à l'état stable.

Est-il nécessaire d'ajouter que leur solidification, et même la solidification de quelques corps liquides dans les conditions normales, est moins avancée encore ?

L'ammoniaque passe à l'état solide à — 75°; le gaz sulfureux et le gaz carbonique à — 79° ; l'acide sulfhydrique à — 85°; l'acide bromhydrique à — 120°; l'alcool éthylique à — 130° ; l'argon à — 189° ; l'azote à — 203°, etc.

D'autre part, l'acide fluorhydrique, l'éther méthylique et bien d'autres corps sont encore à solidifier. Est-ce à dire que pour la plupart on ne soit pas à même aujourd'hui d'y arriver ? Non ; mais peu de laboratoires disposent d'une température de — 200° pour réaliser ces expériences ; il n'est donc pas étonnant qu'on n'ait pas encore pu déterminer le point de solidification des nombreux corps qui se solidifient entre 100° et 200° sous zéro.

Ajoutons à cela les corps que l'on a cherché en vain à solidifier, l'oxygène (1), l'hydrogène, l'hélium, et nous pourrons conclure qu'un champ très vaste encore reste ouvert à ceux que tente l'étude des grands froids.

(1) Chose étrange ! si l'oxygène ne se solidifie pas, l'air, constitué pour la presque totalité d'azote et d'oxygène, se solidifie. Peut-être, dans cette solidification apparente de l'air, n'y a-t-il après tout que l'azote seul qui change d'état, l'oxygène restant liquide mais se trouvant inclus dans la neige d'azote.

D'après tout ce que nous avons dit, nous pouvons dresser le tableau suivant.

PRINCIPALES CONSTANTES PHYSIQUES DES GAZ DITS PERMANENTS.

NOMS DES CORPS	DENSITÉ DU GAZ (1)	TEMPÉRATURE CRITIQUE	EBULLITION	FUSION	DENSITÉ DU LIQUIDE (1)
Méthane	0,558	— 81°8 Olz. — 95°9 Dew.	— 164° Olz. — 160° Wrobl.	— 185°8	0,415
Oxyde azotique	1,039	— 93°5	— 153°6	?	?
Oxyde de carbone	0,968	— 140° env.	— 190° Wrobl.	— 211° Olz.	?
Oxygène	1,1056	— 118°8	— 182°7	?	1,124
Argon	1,312	— 121°	— 186°9	— 189°6	1,5
Azote	0,9714	— 140°	— 198°	— 203°	0,885
Hydrogène	0,06949	— 234°5	— 243°5	?	?
Hélium	0,27 Ramsay 0,14 Cleve	?	?	?	?

Avant d'aborder l'exposition des propriétés des gaz liquéfiés, il nous faut répondre à une question qui se présente naturellement à l'esprit : *comment conserver des liquides si volatils de façon à pouvoir les étudier à loisir ?*

Pour recevoir réponse à cette question, adressons-nous à M. Dewar. Il y a deux ans (1894), il a obtenu de grandes quantités d'air liquide, et cela dans des conditions exceptionnelles : le liquide, ainsi qu'un liquide parfait, était absolument tranquille.

Pour obtenir ce résultat, M. Dewar place le liquide dans un flacon en verre à doubles parois, entre lesquelles on a fait le vide. Le flacon est alors plongé dans de l'oxygène liquide, renfermé lui-même dans une seconde enveloppe

(1) On a pris comme unité la densité de l'air pour le gaz, et celle de l'eau pour le liquide.

reliée à une pompe à air. On réduit la pression à 12 mm., ce qui fait tomber la température à — 200°. Dans ces conditions, on peut conserver l'air liquéfié sous la pression atmosphérique, et si l'on diminue cette pression, l'air se solidifie et se prend en gelée.

Quelques mois auparavant, le savant anglais avait fait plus encore. Une quantité notable d'air liquéfié fut transportée par ses soins de Londres à Cambridge.

Il avait emprisonné l'air liquide dans un flacon de verre à doubles parois. L'espace qui séparait les deux parois ne contenait que des vapeurs mercurielles et un peu de mercure liquide. Lorsqu'on introduisit l'air liquéfié dans le flacon intérieur, les vapeurs de mercure se condensèrent par suite du froid intense produit, et la paroi se couvrit d'une couche de mercure excessivement mince qui formait une surface d'une haute imperméabilité pour la chaleur radiante. Lorsque le flacon fut fermé, on l'enveloppa d'anhydride carbonique solide. Cet anhydride contribua, lui aussi, à congeler le mercure et à fixer le dépôt formant miroir. Les vapeurs mercurielles furent ainsi réduites à une quantité infinitésimale, et l'on obtint un vide presque complet.

Le vase intérieur était donc protégé par une première enveloppe à la température de la neige d'anhydride carbonique (— 79°). La seconde enveloppe étant constituée par un vide presque absolu, l'apport de chaleur dans le vase intérieur par convection était presque nul et par conséquent la température du liquide placé dans ce vase devait rester sensiblement constante.

M. Kamerlingh Onnes (1), professeur à Leyde, n'emploie pas les vases à doubles parois de M. Dewar. « Le bain

(1) Le laboratoire cryogène de M. Kamerlingh Onnes est remarquable par sa grande simplicité. « L'oxygène liquide est versé dans un appareil de verre propre à laisser suivre les expériences et à permettre les observations et les mesures. La vapeur de l'oxygène est continuellement comprimée, liquéfiée et versée de nouveau dans l'appareil. Avec une petite quantité d'oxy-

liquide est protégé par sa propre vapeur qui refroidit une caisse spéciale avec des fenêtres construites de telle sorte qu'elles restent toujours libres de givre et permettent la formation d'images nettes dans la lunette. »

Mais, dira-t-on, n'y a t-il pas un moyen beaucoup plus simple de préserver ces liquides contre l'apport de chaleur extérieure ? Est-il nécessaire de s'entourer de tant de précautions ? La laine, le coton, la ouate, le sable fin, la sciure de bois, une foule d'autres substances possèdent la singulière propriété de ne pas livrer passage à la chaleur à travers leurs tissus. N'est-ce pas sur cette propriété qu'est basé l'usage des vêtements comme moyens de protection contre la chaleur et le froid ? Il suffira, semble-t-il, d'entourer d'une couche très épaisse d'étoffes de laine, ou de telle autre substance peu conductrice qu'on voudra, les surfaces à protéger contre l'action de la chaleur. Cette dernière ne pourra les traverser, et on pourra conserver ainsi les gaz à l'état liquide sans prendre tant de peine.

Tout beau ! Il est vrai, à la température ordinaire, ces substances ne laissent pas passer la chaleur rayonnante ; mais sont-elles encore *adiathermanes* lorsqu'on descend un peu bas dans l'échelle des températures ?

gène en circulation, on peut maintenir indéfiniment un bain d'oxygène liquide d'un quart à un demi-litre.

» La liquéfaction de l'oxygène s'obtient par une chute de température obtenue dans deux circulations. Le serpentin de condensation pour l'oxygène est noyé dans l'éthylène bouillant au vide, dans un flacon de cuivre à paroi mince, protégé efficacement contre l'afflux de chaleur. Les vapeurs de l'éthylène retournent par une pompe pneumatique et un compresseur conjugués dans un condenseur et de là dans le flacon de cuivre.

» Le condenseur de l'éthylène est refroidi par une circulation de chlorure de méthyle .. Les circulations sont arrangées, et le flacon de cuivre a été construit de façon à permettre d'opérer avec un minimum de gaz condensés.

» En opposition avec les expériences de M. Dewar, où il est question de très grandes quantités d'éthylène (50 kilogr.), la circulation dans le laboratoire de Leyde ne demande que 1 1/2 kilogr. C'est avec cette petite quantité d'éthylène et avec une force motrice qui ne s'élève pas à plus de 6 à 8 chevaux-vapeur, que M. Kamerlingh Onnes obtient le bain permanent d'oxygène liquide décrit plus haut. » REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, 30 janvier 1893, p. 86.

En dessous de — 100°, la chaleur traverse toutes les enveloppes protectrices, quelle que soit leur nature ou leur épaisseur, avec la même facilité. Ce n'est qu'à partir de — 70° que l'influence de la couche protectrice commence à se manifester. Les expériences faites il y a deux ans par M. Pictet le prouvent à l'évidence (1).

De ce fait il résulte que toutes les expériences à très basses températures nécessitent de puissants appareils frigorifiques, qui soient capables d'enlever la chaleur rayonnante au fur et à mesure qu'elle arrive dans les réfrigérants. Et peu importe qu'on recouvre ceux-ci d'une couche protectrice, fût-elle très épaisse : aux basses températures, tous les corps sont devenus transparents pour la chaleur comme le verre l'est pour la lumière. C'est comme si l'on voulait construire une chambre noire pour un photographe, et qu'on fît des murs en verre très limpide. L'épaisseur que l'on donnerait aux parois n'exercerait qu'une bien mince influence.

Le savant expérimentateur voit dans cette anomalie un rapprochement de plus à établir entre la chaleur et la lumière (2).

Qui n'a entendu parler de l' « *Alpenglühen* », de ces beaux couchers de soleil dont les montagnes des Alpes sont souvent témoins? Tout le ciel paraît en feu. On croit à un immense incendie. Mais peu à peu la lueur diminue. Bientôt elle finit par disparaître, emportant avec elle tout le charme de ce splendide spectacle pour faire place à la nuit.

L'explication de ce beau phénomène des contrées alpines est simple et facile. La lumière rouge traverse plus aisément les couches atmosphériques que les autres couleurs correspondant à des ondes de l'éther plus courtes. Dès lors, quand le soleil est près de se coucher et que la

(1) Pour le détail de ces expériences, cfr REVUE DES QUEST. SCIENT., janvier 1895, R P. Thirion, S. J., *Bulletin de physique.*

(2) Cfr REVUE SCIENTIFIQUE, 8 octobre 1894, p. 425, et 26 janvier 1895, p. 104. R. Pictet, *Le Rayonnement aux basses températures.*

lumière qu'il nous envoie doit passer à travers une couche plus épaisse d'air atmosphérique, la lumière rouge seule peut arriver jusqu'à nous, les autres teintes du spectre sont arrêtées.

De même, ici, les vibrations calorifiques de l'éther correspondant aux basses températures et homologues des vibrations lumineuses qui donnent le rouge du spectre, puisqu'elles sont les unes la note grave de la gamme de la lumière, les autres la note grave de la gamme de la chaleur, — ces vibrations, disons-nous, traversent les corps presque sans résistance, tandis que les vibrations d'ordre supérieur ne peuvent plus passer ; tout comme la lumière rouge pénètre à travers les couches atmosphériques alors que les rayons des autres couleurs sont éteints.

Comment et pourquoi se produit pareil phénomène ? Tel est le problème que M. Pictet s'est posé. Nous ne le suivrons pas dans la solution qu'il nous en donne : ce n'est, comme il l'avoue lui-même, qu'un premier essai, et cet essai nous semble reposer sur trop d'hypothèses pour qu'il puisse satisfaire complètement.

A propos de *transparence thermale*, M. Dewar a soumis les gaz liquéfiés à un autre mode d'expérience (1). Vu l'action absorbante des récipients en verre, on ne peut guère déterminer que la transparence thermale pour les chaleurs de haute réfrangibilité, telles que celles fournies par une lampe à huile de colza.

Toutes corrections faites, et adoptant le chloroforme pour unité, M. Dewar aboutit aux résultats suivants :

Chloroforme	1,0
Sulfure de carbone	1,6
Oxyde azotique	0,93
Oxygène	0,9
Éthylène	0,6
Éther	0,5

(1) REVUE SCIENTIFIQUE, 1er juin 1895. J. Dewar, *Les Usages scientifiques de l'air liquide.*

Ainsi, l'oxygène liquide est à peu près aussi transparent que le chloroforme pour les radiations calorifiques à haute température. L'éthylène au contraire est beaucoup plus opaque.

Mais voilà longtemps que nous parlons de gaz liquéfiés, et nous n'avons rien dit encore de l'*aspect* que présentent ces liquides étranges. Eh bien ! de prime abord, à les voir on pourrait être très déçu, on pourrait s'y tromper et les confondre même avec l'eau. La plupart sont incolores ; il faut en excepter l'oxygène, d'un bleu très pâle, et l'ozone, d'un bleu plus foncé.

Pourtant, si l'on examine de plus près ces liquides, on ne tardera pas à les distinguer de l'eau. A côté de la plupart d'entre eux, l'eau, l'alcool lui-même nous font l'effet d'une huile lourde, paresseuse et visqueuse, tant ces nouveaux liquides sont mobiles. Leur densité est en général peu élevée ; la densité de l'oxygène et de l'argon est cependant un peu supérieure à celle de l'eau.

En collaboration avec M. Liveing, M. Dewar a recherché l'*indice de réfraction* de l'azote et de l'air liquides ; ces indices sont respectivement, pour le rayon D, 1,2053 et 1,2062.

Les deux mêmes savants ont aussi obtenu le *spectre d'absorption de l'oxygène liquide*. On sait que dans le spectre solaire certaines raies sont dues à l'absorption qu'éprouvent les rayons du soleil en passant par notre atmosphère. On les a nommées *raies telluriques*.

Déjà M. Egoroff avait obtenu les raies A et B de Frauenhoffer en mettant de l'oxygène sous pression de six atmosphères dans un tube de vingt mètres de longueur. M. Olzewski, en employant l'oxygène liquide sur une mince épaisseur, put reproduire la raie A. Enfin MM. Liveing et Dewar, en donnant à la colonne d'oxygène liquide une épaisseur de quinze centimètres, virent la raie B s'ajouter à la raie A.

Il y a quelques mois, les deux savants anglais ont poussé d'un autre côté leurs recherches sur le spectre de l'oxygène liquide.

M. Janssen avait trouvé que l'intensité des bandes diffuses d'absorption croît comme le carré de la densité de l'oxygène, et il a confirmé récemment ce résultat par des observations du spectre solaire dans le désert du Sahara (1). MM. Liveing et Dewar ont voulu constater si cette loi s'appliquait encore au gaz liquéfié; pour y parvenir, ils comparèrent le spectre d'absorption de l'oxygène liquide avec celui de l'air liquide. La densité de l'oxygène y est en effet beaucoup moins grande, vu que ce gaz liquéfié n'y occupe que 18 à 19 p. c., du volume, l'azote en occupant 81 p. c.

« L'absorption due à l'air liquide, sous une épaisseur de $0^m,019$, était directement comparée à celle de l'oxygène liquide, pris sous une épaisseur de $0^m,004$. La lumière qui avait traversé ce dernier était, au moyen d'un prisme à réflexion, introduite dans le champ de vision du spectroscope en même temps que celle qui avait traversé l'air liquide. La position des lampes était alors réglée de manière que l'éclat des régions spectrales dépourvues de bandes d'absorption fût le même dans les deux spectres. Dans ces conditions, on constata que l'intensité des bandes d'absorption était beaucoup plus développée par $0^m,004$ d'oxygène liquide que par une épaisseur cinq fois plus grande d'air liquide.

» Les vases contenant les liquides étant ouverts, l'air liquide s'évapora graduellement ; et comme le point d'ébullition de l'azote est inférieur à celui de l'oxygène, l'azote s'évapora plus rapidement et le liquide résiduel contint une proportion de plus en plus grande d'oxygène. Aussi les bandes d'absorption devinrent-elles de plus en plus intenses, jusqu'à surpasser en intensité celle de l'épaisseur plus faible d'oxygène.

(1) COMPTES RENDUS, CXXI, p. 162.

» Une autre portion d'air liquéfié comme précédemment fut mêlée rapidement avec un égal volume d'oxygène liquide, et l'absorption de ce mélange fut comparée comme ci-dessus à celle de l'oxygène liquide. On reconnut que l'absorption de $0^m,024$ du mélange était beaucoup plus grande que celle de $0^m,004$ d'oxygène liquide. La densité de l'oxygène liquide dans ce mélange était, en effet, trois fois plus grande que celle de l'oxygène dans l'air pur liquéfié et, suivant la loi de Janssen, l'absorption aurait dû devenir neuf fois plus grande. Nos observations s'accordent donc avec ce résultat (1). »

Puisque nous en sommes aux propriétés optiques, arrêtons-nous-y encore quelques moments pour étudier les phénomènes de *phosphorescence* et de *coloration des corps* aux basses températures.

On sait que certains corps, en particulier les sulfures alcalino-terreux, les sulfures de calcium, de baryum, de strontium, etc., peuvent absorber de la lumière lorsqu'on les soumet à l'insolation, et rendre ensuite cette lumière quand on les place dans l'obscurité ; en d'autres termes, ils sont phosphorescents.

M. Pictet a étudié les effets qu'un grand froid produirait sur ces phénomènes (2). Il a reconnu que, pour toutes les substances phosphorescentes dont on fait usage en physique, il y a une température, la même pour toutes, où, placées dans l'obscurité, elles ne rendent plus de lumière. C'est vers — 70° que disparaît la phosphorescence.

Si on laisse alors revenir d'eux-mêmes les tubes qui contiennent ces substances à la température ordinaire sans les soumettre à nouveau à la lumière, ils reprennent bientôt leur éclat, qui augmente à mesure que la chaleur leur revient.

D'autre part M. Dewar, opérant à la température d'ébul-

(1) Comptes rendus, CXXI, p. 165. Liveing et Dewar, *Sur le spectre d'absorption de l'air liquide.*

(2) Cfr Revue des quest. scient, janv. 1895. R. P. Thirion, *loc. cit.*

lition de l'air (— 192°), constate lui aussi la disparition de la phosphorescence aux très basses températures ; mais il remarque en outre que les corps phosphorescents, soumis à l'insolation tandis qu'ils sont portés à ces basses températures, acquièrent, après s'être réchauffés, un pouvoir d'émission beaucoup plus considérable que dans les conditions normales ; à tel point que la gélatine, la celluloïde, la paraffine, l'ivoire présentent, après leur insolation à très basse température, des phénomènes de phosphorescence bien marqués (1).

Il serait difficile de donner, dès aujourd'hui, l'explication de ces deux propriétés des corps phosphorescents soumis aux grands froids ; aussi nous ne nous y arrêterons pas davantage.

Quant à la *coloration des corps,* voici les expériences de M. Dewar.

En plongeant certains corps dans l'air liquide, il a remarqué que la basse température ainsi obtenue (— 192°) exerçait une influence très sensible sur la couleur de certains corps. Ainsi le vermillon et l'iodure mercurique, tous deux d'une belle couleur écarlate, tournent à l'orangé pâle ; le nitrate d'uranium, jaune dans les conditions normales, prend une teinte blanche. Les couleurs bleues et les couleurs organiques ne sont pas altérées à cette température.

Ces faits prouvent que l'absorption spécifique de beaucoup de substances subit de grands changements à la température de — 192°.

Passons maintenant à des phénomènes d'un autre genre.

La *ténacité* des métaux et leur *allongement avant rupture* subit aussi l'influence des grands froids. Ces deux propriétés augmentent constamment à mesure que baisse

(1) Soc. Chim. Londres, nov. 1894.

la température. L'examen du tableau suivant suffit amplement à le montrer (1).

EFFORT DE RUPTURE EN KILOGR. POUR

FILS MÉTALLIQUES (2 1/2 mill. de diam.)	à 15° C.	à — 182° C.	TIGES FONDUES (2 1/2 mill. de diam.)	à 15° C.	à — 182° C.
Acier (doux)	190	317	Étain	91	177
Fer	145	304	Plomb	35	77
Cuivre	91	136	Zinc	16	12
Bronze	140	200	Mercure	0	14
Maillechort	213	272	Bismuth	27	14
Or	115	154	Antimoine	28	14
Argent	150	190	Alliage de Wood	64	204

Comme on peut le voir, pour la plupart des métaux la cohésion augmente avec l'abaissement de température. La cohésion du fer est plus que doublée, celle de l'alliage de Wood est triplée. La résistance du mercure lui-même devient presque la moitié de la résistance normale du plomb.

D'autre part, il y a exception pour le zinc, le bismuth et l'antimoine. Mais il faut remarquer qu'il s'agit ici de corps cristallins : les tensions développées par leur refroidissement doivent nécessairement affaiblir les plans de clivage et, par suite, rendre plus facile la rupture. Tous les autres métaux sur lesquels M. Dewar a opéré suivent la règle générale. Dernièrement encore l'habile et savant professeur plongeait un ressort en magnésium dans l'oxygène liquide à la température de — 182°. Le ressort perdait bientôt toute sa flexibilité ; mais en revanche on pouvait lui faire supporter un poids relativement considérable.

Plongé dans l'oxygène liquide, le caoutchouc tendu se détend et se ride, tout comme il se contracte sous l'influence

(1) REVUE SCIENTIFIQUE, 1er juin 1895. J. Dewar, *Les Usages scientifiques de l'air liquide.*

de la chaleur ; quant à son élasticité, elle ne paraît pas altérée par ce refroidissement à — 182°.

M. Pictet a remarqué de son côté que les métaux gagnent en *sonorité* lorsqu'ils sont soumis à ces grands froids. Ainsi, à 150° sous zéro, le mercure et le plomb rendent un son parfaitement pur. De même un ressort de magnésium vibre comme un ressort d'acier.

Mais il est un autre ordre de phénomènes plus important sur lesquels le froid exerce son influence. Nous voulons parler des *phénomènes magnétiques*.

Certains corps, tels que le fer, le nickel, le cobalt et autres, sont attirés par l'aimant. Ce sont les corps *paramagnétiques ;* d'autres, au contraire, le bismuth, le plomb, sont repoussés par l'aimant; on dit pour cette raison qu'ils sont *diamagnétiques*.

Depuis longtemps déjà, on avait remarqué que l'action de l'aimant sur un corps croissait en intensité avec l'abaissement de température.

Dans des expériences assez récentes (1), M. Pictet a opéré jusqu'à 150° sous zéro, et il a pu constater que de fait l'action magnétique croissait à mesure que le thermomètre descendait ; si bien que l'aimant sur lequel il expérimentait et qui à + 30° pouvait porter 57,31 gr., en supportait 76,64 à — 105°.

Cette augmentation de puissance continue-t-elle avec un abaissement de plus en plus grand ? C'est ce qu'il serait intéressant de constater. A voir la marche du phénomène, il semble que la puissance de l'aimant doive continuer à s'accroître : la courbe qu'on en pourrait tracer est presque une ligne droite qui semble, à mesure qu'on descend plus bas dans l'échelle des températures, indiquer plutôt une augmentation dans l'accroissement de force magnétique de l'aimant.

(1) Comptes rendus, CXX, p. 263.

D'ailleurs il n'y a rien là qui doive nous surprendre. Ces phénomènes sont en effet, suivant les idées généralement admises, propres à la molécule ; si donc le nombre de molécules augmente pour un même volume, ces phénomènes devront nécessairement se manifester d'une façon de plus en plus énergique ; mais il est évident que le nombre des molécules pour un même volume augmente avec l'abaissement de la température, puisque le volume du corps diminue et que pourtant le corps ne perd ni ne gagne rien en poids. Tout nous porte donc à croire que la puissance de l'aimant s'accroît d'une façon constante avec l'abaissement de la température.

Cependant à ces résultats on peut opposer les expériences de M. Torwbridge. Ce savant a trouvé que le moment magnétique d'un aimant permanent était diminué de 50 p. c. environ à la température de — 80°.

M. Dewar, de son côté, a étudié l'influence des grands froids sur le moment magnétique d'aimants divers (1). Il soumet ces aimants à trois refroidissements successifs à — 182°, après chacun desquels il laisse revenir les aimants à la température normale.

Voici les résultats qu'il obtient :

1re expérience (Acier trempé, $0^m,125$ long. et $0^m,01$ diam.) :

	— 182°	*+ 15°*
1er cycle	+ 0 p. c.	— 30 p. c.
2e cycle	+ 33 »	— 5 »
3e cycle	+ 36 »	— 0 »

2e expérience (Acier doux) :

1er cycle	+ 12 p. c.	— 28 p. c.
2e cycle	+ 51 »	— 0 »
3e cycle	+ 51 »	— 0 »

(1) REVUE SCIENTIFIQUE, 1er juillet 1895. J. Dewar, *loc. cit.*

De ces deux expériences, et de plusieurs autres encore, il semble résulter que chaque aimant a ses caractéristiques individuelles, et que la répétition du cycle de variation de température amène l'aimant à un état stable à partir duquel le refroidissement produit toujours une augmentation de 30 à 50 p. c. de l'intensité magnétique, sans que le relèvement de la température donne lieu à aucune perte sur l'intensité primitive.

Ces données semblent corroborer les résultats partiels obtenus par M. Pictet, tout en expliquant la conclusion que M. Torwbridge tire de ses expériences ; mais elles montrent aussi où en est la question. Comment expliquer en effet cette allure diverse et bizarre des divers aimants ? Comment expliquer cet état stable auxquels ils parviennent après quelques passages successifs des plus basses températures à la température ordinaire ? Nous ne chercherons pas à y trouver réponse ; à l'avenir de le faire.

Dans le même ordre d'idées, restait pendante une autre question qui n'est pas dépourvue d'intérêt. L'oxygène gazeux, on l'avait constaté, est paramagnétique, mais si faiblement ! Becquerel, déterminant les valeurs relatives du magnétisme dans le fer et dans l'oxygène, trouva pour le magnétisme de ce dernier 377, alors qu'il représentait par 1 000 000 le magnétisme du fer. Qu'en serait-il de l'oxygène liquide (1) ?

Je dois ici rapporter une belle expérience de M. Dewar, faite dans une lecture publique de la « Royal Institution ».

L'électro-aimant employé était celui-là même dont Faraday s'était autrefois servi pour ses belles recherches sur l'électro-magnétisme. Les deux pôles de l'aimant étaient très rapprochés l'un de l'autre et produisaient entre eux un champ magnétique extrêmement intense.

(1) ÉTUDES RELIGIEUSES, PHILOSOPHIQUES ET LITTÉRAIRES, août 1895. R. P. de Joannis, S. J., *loc. cit.*

L'habile expérimentateur versa alors dans une soucoupe en sel gemme une petite quantité d'oxygène liquide ; celui-ci prit aussitôt l'état sphéroïdal, comme fait une goutte d'eau jetée sur une pelle qu'on a portée au rouge. Cette soucoupe fut alors placée au-dessous de l'intervalle séparant les deux pôles, puis le courant fut lancé dans l'électro-aimant. Aussitôt le globule d'oxygène s'élance hors de la soucoupe et vient se coller aux deux pôles de façon à former entre eux un pont liquide. On fait cesser le courant, et l'oxygène retombe à l'instant en gouttelettes dans la soucoupe de sel gemme, où il achève de s'évaporer.

Cette action est tellement forte qu'il est impossible de maintenir un tube renfermant de l'oxygène liquide à proximité des pôles d'un aimant puissant, tant est grande l'énergie avec laquelle il tend à se précipiter sur eux. A cette température, son magnétisme surpasse même celui du fer.

L'oxygène n'est pas le seul gaz influencé dans ses propriétés magnétiques par un changement d'état. L'anhydride carbonique à la température ordinaire est diamagnétique, mais cette propriété est à peine sensible ; aussi les expérimentateurs sont-ils très divisés sur la force diamagnétique qu'ils lui accordent.

Des expériences faites en 1893 par le R. P. Thirion, S. J., et le R. P. De Greeff, S. J., et dont les résultats ont paru dans les Annales de la Société scientifique de Bruxelles (1), prouvent que l'anhydride carbonique solide n'est pas moins diamagnétique que le bismuth ou le plomb.

Les deux expérimentateurs se servaient pour leurs recherches de crayons d'anhydride carbonique solide bien compacts, qu'on pouvait conserver et observer à loisir pendant plusieurs heures. Ils eurent soin de ne toucher les crayons qu'avec des substances absolument inertes,

(1) Annales de la Société scientifique de Bruxelles, t. XVII, 1re partie, pp. 87-90.

et pour plus de précaution ils recoururent à l'analyse des résidus d'anhydride carbonique : on ne put rien y découvrir, sinon la présence d'une très faible quantité de fer, qui n'aurait pu qu'entraver l'action diamagnétique.

Cependant dans ces conditions tous les crayons se montrèrent constamment et très fortement diamagnétiques.

Une autre propriété physique augmente encore avec l'abaissement de température : c'est la *conductibilité électrique* des métaux *purs*. Tous les métaux semblent tendre vers la conductibilité parfaite à mesure que la température s'abaisse. A la température du froid absolu, un courant électrique lancé dans un circuit métallique n'éprouverait aucune résistance, et le passage de l'électricité d'un métal à un autre s'effectuerait sans émission ni absorption de chaleur.

Ce point est capital ; car il est à remarquer que les métaux *purs* seuls deviennent avec les grands froids meilleurs conducteurs de l'électricité. Les alliages suivent de tout autres lois, si bien qu'on a pu proposer récemment de baser sur cette différence un procédé de mesure de la pureté des métaux : procédé précieux, puisqu'il permettrait l'analyse des métaux rares sans rien en perdre, ou celle d'objets précieux quelconques sans les détériorer.

Il nous reste encore une dernière anomalie à inscrire dans la nomenclature des phénomènes physiques influencés par le froid. Nous voulons parler de la *cristallisation* du chloroforme, et des surprises qu'elle a réservées à l'expérimentateur, M. Pictet.

Les lecteurs de cette *Revue* ont déjà pu se rendre compte de l'étrangeté de ce phénomène dans le bulletin de physique paru en janvier 1895 (1). Nous n'avons plus à y revenir.

(1) Revue des questions scientifiques, janvier 1895. R. P. Thirion, S. J., *Bulletin de physique*.

Après ce long exposé des propriétés physiques des corps aux basses températures, il nous semble que nous sommes bien en droit de répéter ce que nous disions en commençant cette étude :

Les effets des basses températures sur les phénomènes physiques sont complexes et variés, et leur complète explication est chose impossible encore à l'heure où nous sommes.

III.

L'étude des phénomènes physiques aux basses températures nous a retenu trop longtemps déjà par suite de la complexité et de l'allure bizarre qu'offrent ces phénomènes ; nous pouvons être beaucoup plus bref en ce qui concerne l'influence des grands froids sur les actions chimiques, car ici la marche est toute simple et toute régulière.

Rassemblez les travaux de tous les savants qui se sont occupés de cette question, consultez les études plus récentes de M. Pictet, et vous pourrez tout résumer en un seul mot ; mot, il est vrai, qui en dit long et qui est gros de conséquences : *Au-dessous de — 130°, toute réaction chimique a cessé.*

Cette thèse, établie sur un nombre très considérable d'expériences par le physicien genevois et ses habiles collaborateurs, ne laisse plus de doute aujourd'hui.

Qu'il nous soit permis de rapporter ici quelques-unes de ces expériences vraiment surprenantes (1).

Dans les conditions ordinaires, lorsqu'on mélange une solution de potasse caustique à de l'acide sulfurique concentré, la réaction a lieu sur-le-champ, et il y a formation d'eau et de sulfate de potassium ; cette réaction est considérée à bon droit comme très énergique.

(1) COMPTES RENDUS, CXV, pp. 814 seqq. ; — REVUE DES QUEST. SCIENT., juillet 1893. R. P. De Greeff, S. J., *Bulletin de Chimie.*

Mais à — 125°, si l'on mélange, bien plus, si l'on comprime ensemble de la potasse caustique finement pulvérisée et de l'acide sulfurique, solide à cette température, aucune réaction n'apparaît.

Si, à cette température, ils ne peuvent d'eux-mêmes réagir l'un sur l'autre, peut-être qu'une énergie extérieure, celle d'un courant électrique, par exemple, pourra réveiller leur activité chimique. Essayons. Conduisons dans le puits frigorifique deux fils isolés entre lesquels nous ferons jaillir l'étincelle d'une bobine Ruhmkorff.

Après un quart d'heure d'opération, nous voyons que la réaction de l'acide sur la potasse s'est effectuée, il est vrai, *mais seulement sur les trajets des étincelles,* sans se communiquer aux parties avoisinantes. Le sulfate de potassium tatoue la surface du bâton d'acide sulfurique. La chaleur développée par le travail chimique a fait monter le thermomètre de — 125° à — 121°.

Retirons maintenant l'éprouvette du réfrigérant et laissons-la revenir à une température plus normale. Le courant électrique passe toujours : à — 120°, rien; à — 100°, rien encore ; à — 90°, subitement réaction en masse et brusque relèvement de température.

Une réaction brillante s'il en est et même dangereuse, c'est celle de l'acide sulfurique sur le potassium métallique. Le radical de l'acide sulfurique s'unit au métal pour former le sulfate de potassium, et l'hydrogène de l'acide est mis en liberté ; mais comme cette réaction développe une grande quantité de chaleur, l'hydrogène s'enflamme et donne lieu ainsi à une belle expérience. Semblable réaction, comme on le sait, s'effectue déjà entre le potassium et l'eau. Qu'en sera-t-il à — 125° ?

Le potassium et l'acide sulfurique restent parfaitement en paix l'un à côté de l'autre ; mais laissons se relever la température, et à — 68°, tout d'un coup le potassium enflammera spontanément l'hydrogène dégagé par l'acide sulfurique.

Chose frappante ! les actions chimiques qui se manifestent les premières ne sont pas les réactions énergiques, comme celles dont nous venons de parler ; ce sont plutôt les réactions de couleur, comme l'effet d'un acide sur la teinture de tournesol, d'une base sur la phénolphtaléine. En solution neutre ou acide, cette dernière substance est parfaitement incolore, mais si, par l'addition de quelques gouttes de potasse ou de soude caustique, on la rend basique, elle prend aussitôt une teinte rouge très vive et très belle, d'autant plus foncée que les deux solutions sont plus concentrées.

M. Pictet fait une solution de potasse caustique et de phénolphtaléine, toutes deux dans l'alcool. Il les refroidit séparément à — 135° jusqu'à l'état pâteux. Il mélange : aucune réaction. Mais à — 100° déjà la teinte rouge apparaît ; à — 80° la couleur est foncée.

De ces expériences, et d'une foule d'autres que nous ne pouvons rapporter, le savant professeur tire les conclusions suivantes (1) :

1° Aux très basses températures, au-dessous de — 130°, il n'y a plus de réaction chimique, quels que soient les corps mis en présence (2).

2° Toutes les réactions chimiques apparaissent spontanément à une certaine température et sous une certaine pression exercée sur les constituants : c'est la *température limite*.

3° Les mêmes réactions peuvent s'obtenir au-dessous de la température limite, si l'on fournit de l'énergie auxiliaire par l'emploi des courants ou décharges électriques.

4° Les réactions exothermiques, c'est-à-dire celles qui

(1) Comptes rendus, CXVI, pp. 1057 seqq.

(2) Il faut remarquer toutefois que les actions dues au pouvoir actinique de la lumière ont encore lieu aux plus basses températures réalisées jusqu'ici. A — 200°, une plaque photographique est encore sensible à l'action de la lumière. — Cfr Smithsoniam Annual Report, 1895. J. Dewar, *Magnetic Properties of Liquid Oxygen*, p. 187.

dégagent de la chaleur, présentent toujours deux phases : dans la première, on reste maître des températures, si l'on peut enlever aux corps qui se combinent autant de chaleur qu'il s'en produit par suite du travail chimique et de l'énergie étrangère ; dans la seconde, la température s'élève brusquement, lorsque la réaction a lieu au-dessus de la température limite. La première phase constitue la réaction limitée, la seconde phase la réaction en masse.

5° Les réactions endothermiques, celles qui absorbent de la chaleur, sont toujours des réactions limitées.

Mais la conclusion la plus importante que tire M. Pictet de ses recherches, c'est la possibilité démontrée, pense-t-il, de faire à l'aide des basses températures *la synthèse de tous les corps composés*.

En effet, toute réaction chimique commence d'abord par une période endothermique, dont on peut régler la durée par le seul jeu de la température. Il faut donc toujours dans une première phase fournir du travail extérieur aux composants pour permettre leur combinaison.

Déjà, dans plusieurs expériences, M. Pictet a montré où pouvait conduire l'emploi rationnel des basses températures (1). Il s'agit de la nitrification du toluène ($C_6H_5.CH_3$), de la naphtaline ($C_{10}H_8$) et du phénol ($C_6H_5.OH$).

Le toluol peut donner deux dérivés nitrés isomères : l'orthonitrotoluène $C_6H_4.CH_3.NO_{2(1,2)}$ et le paranitrotoluène $C_6H_4.CH_3.NO_{2(1,4)}$. Dans les conditions normales, on obtient environ 60 p. c. du dérivé ortho, et 40 p. c. du dérivé para. En abaissant la température, M. Pictet obtient 85 p. c. d'ortho et 15 p. c. de para.

Le groupe ortho correspond par conséquent au travail maximum de l'énergie de constitution ; il est le résultat du travail de la plus grande pente chimique.

Les résultats obtenus avec la naphtaline sont plus

(1) Comptes rendus, CXVI, pp. 815 seqq.

intéressants encore. M. Pictet forme de cette manière la γ-dinitronaphtaline $C_{10}H_6.NO_2.NO_{2(2,4)}$, produit qu'on n'avait pu obtenir jusqu'ici que par voie tout à fait dérivée.

Enfin la nitrification du phénol semble, elle aussi, donner raison aux vues de l'illustre chimiste et physicien. Dans la réaction en masse, il obtient 2,5 p. c. de paranitrophénol $C_6H_4.OH.NO_{2(1,4)}$. En opérant au-dessous de la température limite, il obtient 15 p. c. du même produit.

Des faits que nous venons d'exposer, M. Pictet conclut à la possibilité d'une méthode générale de synthèse chimique.

Il faudrait, selon lui, construire tout d'abord la table expérimentale des températures auxquelles commencent les réactions entre corps simples, et au-dessous de cette température étudier l'effet des divers excitants, comme étincelle électrique, corps chauds, réactions auxiliaires, etc... On dresserait ensuite une table semblable pour les réactions entre les corps simples et les composés binaires, une table pour la réaction des composés binaires entre eux, et ainsi de suite.

« Ces tables une fois construites, dit M. Pictet (1), nous pouvons opérer comme suit. Nous voulons produire un corps ayant, par exemple, A atomes d'hydrogène, B d'oxygène, C d'azote, D de carbone, etc.

» Nous connaissons déjà par les tables le noyau le plus ancien, c'est-à-dire celui qui se forme à la température la plus basse, se rapprochant du corps demandé.

» Pour ajouter à ce noyau de l'oxygène, du carbone ou de l'azote, nous connaissons la réaction caractéristique provoquant ces réactions et les températures minima nécessaires pour ne permettre que celles-là.

» Nous utiliserons successivement toutes les tables et

(1) Archives des sciences physiques et naturelles de Genève, 1893, et Revue scientifique, 31 août 1895. R. Pictet, *Essai d'une méthode générale de synthèse chimique.*

les lois qui les accompagnent pour grossir la molécule primitive de tous les affluents que nous voulons lui faire recevoir. »

Il dit ailleurs (1) :

« Les réactions seront définies d'une façon aussi précise et sûre que la chute d'un corps sur un plan incliné, par un seul chemin, sans ambiguïté. On saura d'avance, pour toute réaction que l'on désire provoquer, toutes les conditions à remplir pour n'obtenir qu'un seul effet : la fixation d'un élément nouveau sur un noyau donné primitif.

» La route sera connue, le résultat certain. C'est sous cette forme que nous entrevoyons la possibilité de constituer rationnellement par synthèse directe tous les corps de la nature. »

Nous ne chercherons pas à discuter si M. Pictet ne généralise pas trop ses conclusions. C'est à l'expérience seule qu'il appartient de le montrer. Les résultats obtenus jusqu'aujourd'hui ne peuvent suffire pour étayer à eux seuls l'édifice nouveau que le physicien genevois veut élever à la science ; mais peut-être l'avenir viendra-t-il confirmer par des faits plus nombreux et plus probants la thèse avancée par l'éminent professeur.

L'*analyse chimique,* aussi bien que la synthèse, profite des progrès faits dans la science du froid. Qu'on se rappelle ce que nous disions plus haut à propos de l'analyse des métaux.

En outre, la recherche de la pureté des liquides volatils et des gaz est facilitée par l'observation de leur *point critique,* observation qui pour les gaz exige parfois l'emploi des basses températures (2).

(1) COMPTES RENDUS, CXVI, pp. 815 seqq.

(2) BERICHTEN DER PHARMACEUTISCHEN GESELLSCHAFT, 1894, Heft 10 und 11. Dr. M. Altschul. *Ueber einige neue Versuches aus dem Institute Raoul Pictet.*

Donnons un exemple. Les températures critiques du chloroforme ($CHCl_3$), du chlorure d'éthyle (C_2H_5Cl) et de l'aldéhyde valérique ($C_4H_9.CHO$) sont respectivement 258°,8, 181° et 201°, lorsque ces corps se trouvent à l'état de pureté parfaite.

La plus petite quantité d'éther ou d'alcool influe sensiblement sur leur température critique. Ainsi la température critique du chloroforme auquel on a ajouté quelques gouttes d'alcool descend à 255°, soit 3°,8 de différence. Le point d'ébullition ne donnerait dans les mêmes conditions que 0°,1 à 0°,2 de différence.

L'influence de l'alcool se manifeste mieux encore sur le chlorure d'éthyle. La température critique baisse de 181° à 175°; tandis que les points d'ébullition n'eussent différé que de 1°,6. Enfin l'aldéhyde valérique légèrement alcoolisé donne une différence de 1°,5 dans la température critique avec l'aldéhyde valérique absolument pur ; tandis qu'aucune différence ne peut être relevée entre leurs deux points d'ébullition respectifs.

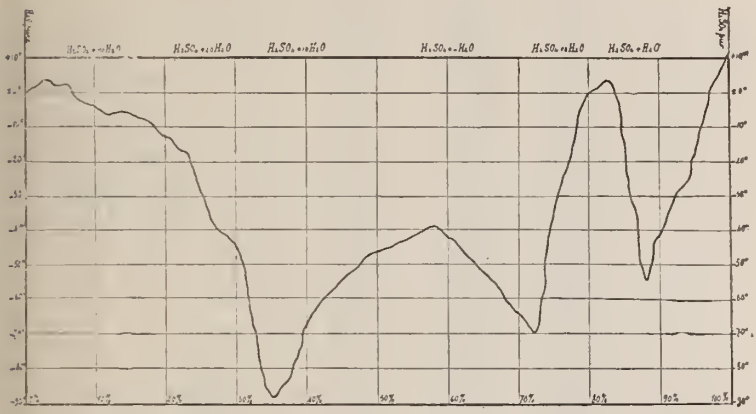
Nous pourrions parler encore des recherches de M. Raoult sur la *cryoscopie* comme moyen de déterminer les poids moléculaires des corps composés, et d'étudier de plus près les phénomènes complexes qui se passent dans les solutions salines (1). Mais pareille étude nous mènerait trop loin.

Il nous semble utile toutefois de rapporter ici les recherches de M. Pictet sur le *point de congélation* de l'*acide sulfurique* et de l'*alcool éthylique* à différents degrés de concentration.

(1) Revue générale des sciences pures et appliquées, 15 juin 1894. P. Freundler, *Les Expériences de M. Raoult sur la tonométrie et la cryoscopie.*

Rien de plus étrange que l'allure de la courbe représentant les points de congélation de l'acide sulfurique (1).

COURBE DES POINTS DE CONGÉLATION DE L'ACIDE SULFURIQUE A DIFFÉRENTS DEGRÉS P. C. DE CONCENTRATION.



La courbe a eu sa vérification chimique : on a remarqué que quand on analysait la partie congelée en la comparant à la partie liquide, le liquide contenait plus d'acide que le cristal dans les portions descendantes de la courbe ; le contraire avait lieu dans les parties ascendantes. Aux sommets (maxima et minima), il y avait égalité parfaite.

Peut-être en faut-il conclure que ces sommets marquent les hydrates bien définis. En effet, le minimum absolu — 88° correspond à la formule $H_2SO_4 + 10\,H_2O$. De même, $H_2SO_4 + 4\,H_2O$ et $H_2SO_4 + 2H_2O$ sont sur des sommets de la courbe. D'autre part, expliquer le minimum de l'acide à 88,88 p. c. n'est pas chose facile. Cet acide ne correspond en effet à aucune formule déterminée.

(1) Comptes rendus, CXIX, pp. 642 seqq.

POINTS DE CONGÉLATION DE L'ACIDE SULFURIQUE DILUÉ DE DIVERSES FORMULES.

FORMULE	P. C. D'ACIDE	DENSITÉ	POINT DE CONGÉLATION	
H_2SO_4 pur	100	1,842	+ 10,5	Entre les deux, une chute de temper. à — 55° pour l'acide à 88,88 p. c.
» + H_2O	84,48	1,777	+ 3,5	
» + 2 H_2O	73,08	1,650	— 70	
» + 4 H_2O	57,65	1,476	— 40	
» + 6 H_2O	47,57	1,376	— 50	
» + 8 H_2O	40,50	1,311	— 65	Cette partie de la courbe a été étudiée de dixième en dixième de molécule d'eau.
» + 10 H_2O	35,25	1,268	— 88	
» + 11 H_2O	33,11	1,249	— 75	
» + 12 H_2O	31,21	1,233	— 55	
» + 13 H_2O	29,52	1,219	— 45	
» + 14 H_2O	28,00	1,207	— 40	
» + 15 H_2O	26,63	1,196	— 34	
» + 20 H_2O	21,40	1,157	— 17	
» + 50 H_2O	9,82	1,067	— 3,5	
» + 100 H_2O	5,16	1,032	+ 2,5	
» + 1000 H_2O	0,54	1,001	+ 0,5	

Bien plus régulière est la courbe des points de congélation de l'alcool éthylique (1). Cependant ici encore on peut distinguer dans la courbe plus d'une partie.

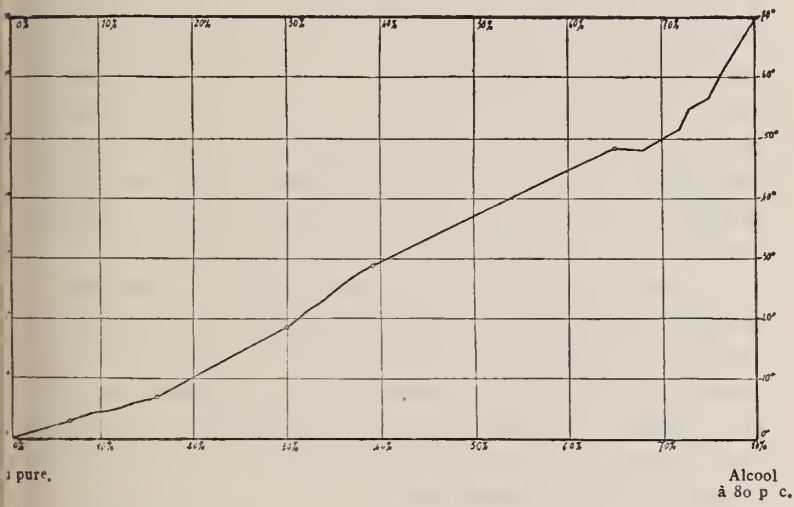
Depuis l'origine (eau pure) jusqu'à 6,8 p. c. d'alcool, la courbe est sensiblement une droite. En comparant ces mélanges aux solutions salines, on peut en conclure que, dans ces proportions, il n'y a pas d'hydrate défini, mais seulement une solution aqueuse.

De 6,8 p.c. à 14,4 p. c., l'abaissement du point de congélation n'est plus proportionnel au degré de concentration ; il y aurait ici formation d'un premier hydrate d'alcool. De 16,4 p. c. à 30 p. c., la courbe reprend à peu de chose près la forme d'une droite *ne passant plus par l'origine*. Peut-être

(1) COMPTES RENDUS, CXVI, pp. 678 seqq.

le liquide à ce point de concentration serait-il la dissolution du premier hydrate d'alcool dans l'eau. La courbe continue en passant successivement par des régularités et des irrégularités.

COURBE DES POINTS DE CONGÉLATION DE L'ALCOOL ÉTHYLIQUE A DIFFÉRENTS DEGRÉS P. C. DE CONCENTRATION.



POINTS DE CONGÉLATION DE L'ALCOOL ÉTHYLIQUE DILUÉ DE DIVERSES FORMULES.

FORMULE			P. C. DE $C_2H_5.OH$	DENSITÉ	POINT DE CRISTALLISATION
$C_2H_5.OH$	+	H_2O	71,9	0,8671	— 51°,3
»	+	$2\,H_2O$	56,1	0,9047	— 41°,0
»	+	$3\,H_2O$	46,3	0,9270	— 33°,9
»	+	$4\,H_2O$	39,0	0,9417	— 28°,7
»	+	$5\,H_2O$	33,8	0,9512	— 23°,6
»	+	$10\,H_2O$	20,3	0,9712	— 10°,6
»	+	$20\,H_2O$	11,3	0,9824	— 5°,0
»	+	$50\,H_2O$	4,8	0,9916	— 2°,0
»	+	$100\,H_2O$	2,5	0,9962	— 1°,0

Ces deux exemples suffisent pour nous montrer combien pourra rendre de services dans l'étude des solutions l'emploi rationnel des basses températures.

L'examen de l'action du froid sur les *substances organiques* peut aussi être d'un grand secours dans les recherches qu'elles exigent. En effet, parmi ces substances, celles qui ne se solidifient qu'à une très basse température peuvent se répartir en deux classes : celles qui cristallisent et celles qui donnent des verres. Ainsi le sulfure de carbone CS_2, le tétrachlorure de carbone CCl_4, l'alcool méthylique $CH_3.OH$, le pentane C_5H_{12}, forment tous des cristaux ; tandis que l'alcool éthylique $C_2H_5.OH$, l'alcool amylique $C_5H_{11}.OH$, la térébenthine $C_{10}H_{16}$, le nitrate d'éthyle $C_2H_5.NO_3$, la picoline $C_6H_4.CH_3.N_{(1,2)}$ donnent des verres.

Si l'on ajoute quelques gouttes de sulfure de carbone à de l'alcool éthylique et que l'on refroidisse à — 180°, il se produit une émulsion blanche ; rien de semblable ne se forme si l'on emploie le tétrachlorure de carbone au lieu du sulfure. De même l'alcool méthylique pur cristallise sans difficulté ; mêlé à quelques gouttes d'alcool éthylique, il se prend en une masse amorphe (1).

L'utilité qu'on peut retirer de l'usage des grands froids en chimie paraîtra mieux encore si nous rappelons les brillants résultats obtenus par M. Pictet dans la *purification du chloroforme*. Il va sans dire que la méthode employée pour la purification du chloroforme peut aussi s'appliquer à d'autres substances qui, comme lui, cristallisent à basse température.

On connaît les funestes effets auxquels a souvent donné lieu l'emploi du chloroforme pur du commerce. Les physiologistes se sont demandé depuis longtemps si ces effets n'étaient points dus à des impuretés contenues dans ce produit.

(1) REVUE SCIENTIFIQUE, 1er juin 1895. J. Dewar, *loc. cit.*

Sur l'instigation de M. le professeur O. Liebreich, M. Pictet se décida à pousser ses recherches dans cette voie, et entreprit de faire cristalliser le chloroforme du commerce. Mais il remarqua bientôt que la cristallisation ne suffisait pas pour purifier le produit, et ce n'est qu'après de longs tâtonnements qu'il parvint à livrer à la médecine le « chloroforme Pictet », aujourd'hui connu dans toutes les pharmacies.

Des recherches qu'ils ont faites à Londres en mars 1892, MM. H. Helbing et F.W. Passmore tirent les conclusions suivantes :

« 1. Le chloroforme purifié par le procédé Raoul Pictet est une préparation excessivement pure ; il offre une grande homogénéité. Le poids spécifique en est de 1,5002 à 15° ; son point d'ébullition est à 61°,1 ; ses résidus ne sont pas appréciables.

» 2. La présence d'une petite quantité d'alcool éthylique dans le chloroforme fait baisser un peu son point d'ébullition ; un mélange contenant 1 p. c. d'alcool commence à distiller un degré plus bas que le chloroforme pur.

» 3. Un nombre limité d'expériences a démontré que la présence d'une faible quantité d'alcool éthylique dans le chloroforme n'en retarde pas la décomposition, quand il est mélangé avec l'acide sulfurique concentré et exposé au soleil, mais qu'il retarde la mise en liberté du chlore (1). »

M. Ch. Cloez, docteur ès sciences, répétiteur à l'école polytechnique, arrive aux mêmes résultats (mai 1893) :

« Le chloroforme Pictet « Ohne Alkohol » est un corps presque chimiquement pur (cinq pour mille d'un corps analogue à l'alcool) ; le chloroforme se décompose rapidement sous l'action des rayons solaires. Il ne s'altère pas à la lumière diffuse (2). »

(1) *Recherches de H. Helbing et F. W. Passmore sur le chloroforme médicinal Pictet.* Paris, Institut Raoul Pictet, 1892.

(2) *Recherches sur le chloroforme médical de M. Pictet,* par M. Ch. Cloez. Paris, Institut Raoul Pictet, 1893.

Quant aux propriétés médicales de ce produit, voici le jugement qu'en porte M. le Dr R. du Bois-Reymond, premier assistant de M. le professeur Pictet.

« L'étude critique de l'ensemble de notre travail et de nos recherches nous amène à déduire avec certitude et comme une conséquence importante que les impuretés contenues dans tous les chloroformes usuels ont une influence néfaste sur les narcoses, modifiant d'une façon fâcheuse la respiration et la circulation sanguine, accident que l'on diminue par l'emploi du chloroforme médical Pictet (1). »

Par la purification du chloroforme, M. Pictet a donc rendu un grand service, non seulement à la science, mais encore à l'humanité. Toutefois, il faut le reconnaître, l'emploi du chloroforme même pur n'est pas sans grave danger ; ce danger est seulement atténué par la purification du produit ordinaire, et c'est là déjà un grand et précieux résultat obtenu.

C'est encore et toujours au laboratoire de M. Pictet que nous allons chercher de nouveaux détails. M. Pictet a étudié les points de congélation de quelques substances organiques et il en a tiré des conclusions assez générales qui ne sont pas dépourvues d'intérêt (2).

POINTS DE CONGÉLATION DE QUELQUES SUBSTANCES ORGANIQUES :

$C_6H_5 . CH_3$, toluène	en dessous de — 100°
$C_6H_4 . (CH_3)_{2(1,3)}$, métaxylène	» »
$C_6H_4 . (CH_3)_{2(1,2)}$, orthoxylène	— 45°,0

(1) *Étude physiologique sur le chloroforme médicinal Pictet et sur l'action nuisible des impuretés contenues dans le chloroforme usuel*, par le Dr R. du Bois-Reymond. Bruxelles, Ad. Mertens, 1892.

(2) Comptes rendus, CXIX, pp. 955 seqq.

$C_6H_3 . (CH_3)_3$, mésitylène	en dessous de	— 100°
$C_6H_5 . CH_2Cl$, chlorure de benzyle	—	47°,9
$C_6H_5 . CHCl_2$, chlorure de benzylène	—	17°,0
$C_6H_5 . CCl_3$, chlorure de benzényle	—	17°,0
$C_5H_5 . N$, pyridine	—	100°,0
$C_5H_{11} . N$, pipéridine	—	17°,0
$C_9H_7 . N$, chinoline	—	19°,0
$C_6H_5 . CH : CH . CHO$, aldéhyde cinnamique	—	7°,5
$CH_3 . CH_2 . COOH$, acide propionique	—	24°,5
$(CH_3)_2 . CH . COOH$, ac. isobutyrique,	en dessous de	— 100°
$CH_3 . CH (OH) . COOH$, acide lactique	»	»
$C_6H_5 . NH CH_3$, méthylaniline	»	»

Conclusions : 1° Dans un groupe quelconque de la série aromatique, une molécule CH_3 abaisse le point de congélation. Exemple : le benzène C_6H_6 (+ 4°) comparé au toluène $C_6H_5.CH_3$ (au-dessous de — 100°).

2° Si dans le groupement CH_3 on substitue un atome de chlore à un atome d'hydrogène, la température de cristallisation s'élève ; si l'on substitue trois atomes de chlore, elle reste stationnaire. Ex. : Chlorures de benzyle, de benzylène et de benzényle, comparés au toluène.

3° Loi de Bäyer : Dans les corps homologues ayant une structure comparable au point de vue de la place qu'occupe le carbone C, les points de congélation sont plus bas pour un nombre impair d'atomes de C, plus élevés pour un nombre pair. Ex. : l'acide propionique $C_2H_5.COOH$ cristallise à — 24°,5, l'acide butyrique normal $C_3H_7.COOH$ à — 19°.

4° Plus la molécule d'un corps, comparée à celle d'un corps voisin dans la série, présente de symétrie dans les atomes constituants, plus elle est compacte, homogène avec un groupement symétrique des radicaux élémentaires, plus aussi la congélation s'effectue facilement et à température élevée. Ex. : l'acide butyrique $CH_3.CH_2.CH_2.COOH$

(— 19°) et l'acide isobutyrique $(CH_3)_2.CH.COOH$ (en dessous de — 100°).

Le dernier effet chimique du froid que nous ayons à signaler est peut-être plus singulier que les autres.

Il serait difficile même au chimiste le plus expérimenté de dire les réactions qui s'accomplissent durant les vingt ou trente années que passe le vin dans sa bouteille ; quel changement chimique a subi cette liqueur quand elle a vieilli quelques années au fond d'une bonne cave.

Eh bien ! — qui s'y serait attendu ? — M. Pictet soumet à un froid de — 200° du cognac et d'autres liqueurs alcooliques ; et, chose singulière, il trouve que la liqueur a la même saveur, le même bouquet que si elle avait vieilli de longues années dans des grottes.

Vous voyez que le froid nous réserve à chaque instant des surprises nouvelles. L'étude des phénomènes physiologiques à basse température nous en réserve encore plus d'une.

IV.

Après avoir examiné dans son ensemble le rôle des basses températures en physique et en chimie, il nous faut dire leur influence sur les phénomènes physiologiques, que présentent les êtres vivants.

Ici, comme en chimie, M. Pictet sera pour ainsi dire notre seul guide. Il n'y a pas d'autre savant, à notre connaissance, qui ait étudié l'influence des grands froids sur les phénomènes physiologiques avec autant de suite et de méthode (1).

(1) Pour cette partie de notre travail, nous avons consulté : ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES DE GENÈVE, octobre 1893, R. Pictet, *De l'emploi méthodique des basses températures en biologie ;* et septembre, novembre et décembre, *Étude sur le rayonnement aux basses tempé-*

Voici les règles que s'est prescrites M. Pictet dans cette étude.

Pour analyser le rôle du froid sur les phénomènes physiologiques (ce sont à peu de chose près ses propres paroles), il est de toute nécessité de s'adresser à des individus bien normaux dans leurs espèces. On les soumet subitement à une température variant à volonté entre + 10° et — 200°. Sous l'influence de cet agent perturbateur, on note, s'il s'agit d'un animal, la fréquence de la respiration, du pouls ; la température à différentes parties du corps ; les sécrétions diverses ; les variations apparentes dans la sensibilité et la mobilité des membres. S'il s'agit d'une plante, on suit une marche analogue. En un mot, on prend un schema complet de tout l'ensemble des phénomènes vitaux, qui sont la résultante de l'état normal modifié par un facteur puissant agissant subitement sur cet organisme.

En suivant cette marche, M. Pictet aboutit aux deux conclusions générales que voici :

Les animaux sont presque tous fortement influencés par les grands froids, et ce d'autant plus qu'ils sont plus élevés dans l'échelle des espèces.

Les plantes munies de leurs feuilles et en pleine floraison sont au moins aussi frileuses que les mammifères les plus délicats. Si on les plonge même peu de temps dans l'atmosphère glacée, elles périssent avec une rapidité effrayante.

Avant de parcourir les diverses expériences réalisées par le physicien genevois, une question se pose. Dans quelles conditions doit-on placer l'animal pour lui faire subir ces basses températures ? On peut, en effet, le plonger directement dans un bain d'éthylène liquide, par exemple,

ratures. Application à la thérapeutique. — On lira aussi avec intérêt l'ouvrage du Dr Alfr. Welter : *Die tiefen Temperaturen, ihre künstliche Erzeugung, ihre Einwirkung auf Tiere*, etc.

à — 140°, ou bien l'exposer au rayonnement dans l'air sec refroidi lui-même à cette température. Le premier mode n'est pas praticable ; c'est là, en effet, un moyen si brutal qu'il paralyserait complètement les effets spécifiques que l'on veut étudier.

« Comme je faisais un jour, dit M. Pictet, des essais avec un bain concentré de chlorure de calcium à — 30° ou — 35°, un chat de taille moyenne tomba accidentellement du toit ouvert dans ce bain ; il s'y congela tellement vite les pattes que toutes les griffes sortaient raides au dehors ; l'animal est mort presque subitement. »

C'est ici le lieu de parler des *brûlures* occasionnées par le contact de corps fortement refroidis. Lorsque semblable contact vient à s'établir, fût-il de courte durée, il occasionne toujours une douleur vive comparable à la piqûre d'une guêpe. La brûlure occupe le plus souvent au minimum un centimètre carré de surface.

L'allure que présentent dans leur guérison ces brûlures par le froid est complètement différente de celle que présentent les brûlures par le chaud.

On peut distinguer deux degrés dans ces sortes d'accidents :

Si la brûlure est peu grave, la peau rougit fortement et se violace le lendemain ; on ressent une démangeaison pénible sur cette partie de la peau et sur les tissus environnants. Il faut cinq à six semaines avant que la tache disparaisse.

Si la brûlure est rendue plus grave par un contact plus prolongé ou plus parfait, la peau se détache, et l'élimination des parties gangrenées provoque une suppuration longue et opiniâtre. Ces plaies sont toujours de forme maligne et se cicatrisent difficilement.

Un jour, M. Pictet avait laissé tomber par mégarde une goutte d'air liquide sur sa main ; à quelque temps de là, il s'écorchait assez sérieusement la même main. Au

bout de dix à douze jours, l'écorchure était guérie ; mais l'ulcère causé par le froid suppurait encore après six mois.

Une expérience, qui semble de prime abord en contradiction avec les faits que nous venons de signaler, a été réalisée à Gand par Melsens, il y a plusieurs années déjà.

Plongez dans l'anhydride carbonique solide une liqueur fortement alcoolisée, du cognac à 50 p. c., par exemple, et solidifiez-la. A la condition de vous servir d'une cuiller en bois, vous pourrez sans aucun danger placer le cognac congelé sur la langue. Vous éprouverez à peu de chose près la même sensation que si vous preniez une glace de pâtisserie. Et cependant cette liqueur congelée est à une température tellement basse qu'on pourrait la servir sur des plats de mercure solide. Un objet métallique à pareille température occasionnerait de douloureuses brûlures si on l'avait tenu quelque temps en mains.

L'explication la plus plausible de ce fait semble être l'évaporation rapide de l'alcool produite par la chaleur des tissus organiques. Grâce à cette évaporation, il se forme entre la langue et la liqueur congelée un matelas de vapeur d'alcool qui empêche le contact direct du morceau glacé avec la langue.

Nous admettrions moins volontiers l'explication de ce phénomène par l'anesthésie locale produite à la suite de ce grand froid. Resterait, en effet, à donner la raison pour laquelle la liqueur congelée ne laisse après elle aucune trace d'action destructive sur les tissus (1).

D'ailleurs, pourquoi un morceau de fer refroidi à la même température ne produirait-il pas lui aussi le même effet ?

Mais si le contact immédiat d'un organe quelconque avec une masse très froide donne lieu à de si cruels effets,

(1) De Natuur (Utrecht), 15 oct. 1894. Dr L. Bleekrode, *De onderzoekingen verricht met vloeibare zuurstof en vloeibare lucht.*

en est-il encore de même lorsque l'organe est soumis au froid par rayonnement dans l'air sec à basse température ?

On sait que tenir dans un bain d'eau chauffée à 100° serait chose impossible ; mais être soumis dans l'air libre à la même température est encore supportable.

Le même phénomène se passe dans l'endurance du froid. Les expériences de M. Pictet sont là pour le prouver. On avait déjà d'ailleurs plus d'un exemple des grands froids que peut supporter l'homme. Au fort Rae (62° 5′ lat. N.) le froid atteint — 67°, à Irkoutsk, la ville la plus froide du monde, — 45°, à Werchojansk — 55° et parfois — 76°, comme nous l'avons dit déjà.

Payer, qui conduisait en 1874 l'expédition autrichienne au pôle nord, décrit d'une façon humoristique les impressions qu'on éprouve par ces grands froids.

Impossible de fumer, selon lui, car même entre les lèvres la pipe se couvre bientôt d'une couche de glace. Tout objet métallique occasionne au simple contact de douloureuses brûlures.

La sécheresse de l'air provoque une transpiration abondante et incommode. Et cependant, pour étancher la soif qui vous dévore, impossible de se servir de cette neige par trop refroidie ; il vaudrait tout autant se mettre dans la bouche du plomb fondu.

Les hommes de l'expédition s'avançaient enveloppés d'épais nuages, provoqués par l'active transpiration qui s'échappait à travers les fourrures, et se congelait en petits cristaux qui retombaient avec bruit sur le sol. Mais la barbe ne se couvrait pas de givre, car les vapeurs de la respiration retombaient immédiatement en neige.

Détails d'un autre genre : le son se fait entendre à des distances extraordinaires ; la viande se laisse fendre comme du bois, et le mercure peut fournir des balles pour les fusils.

Enfin, affirme-t-il, le froid intense paralyse les facultés intellectuelles, le mouvement, la parole ; l'odorat et le

goût s'affaiblissent sensiblement ; les muscles sont tellement engourdis que les paupières se ferment involontairement ; la plante des pieds elle-même devient insensible (1).

D'où vient la différence que nous notions tantôt ? Pourquoi peut-on endurer un froid intense par rayonnement, alors qu'on ne pourrait affronter le même froid par contact ? C'est que l'air et en général les gaz conduisent mal la chaleur. Quand donc un membre vient en contact avec un gaz fortement refroidi, il ne perd que peu à peu son calorique en le cédant au gaz. La nature a le temps de réagir contre le froid ; aussi aucun effet pernicieux ne se fait sentir, sinon à la longue.

Au contraire, si ce membre vient en contact avec un corps solide, un morceau de fer, de cuivre, etc., comme les solides sont pour la plupart très bons conducteurs, ce corps enlève immédiatement au membre atteint une grande quantité de chaleur et tend à amener à sa propre température la partie de l'organe avec laquelle il est en contact. La nature ne trouve pas le temps de réparer ses pertes. De là les funestes effets que nous avons rapportés.

Dans les expériences biologiques à basses températures, ce sera donc au *refroidissement par rayonnement* qu'il faudra s'arrêter.

L'homme, nous venons de le voir, peut supporter par rayonnement des températures assez basses. Mais si l'organisme humain résiste dans ces conditions à un froid intense, il est à supposer que les autres animaux y résisteront aussi.

Cela étant posé, rappelons brièvement les principales expériences de M. Pictet. Les *protozoaires*, les *microbes*, les *diatomées*, les *graines*, etc., ont tous fort bien résisté au froid. Graines, diatomées, germes, spores, bacilles, microcoques, après avoir été soumis à une température de — 200°, se sont développés comme ils le font normale-

(1) De Natuur, 15 oct. 1894. Dr L. Bleekrode, *loc. cit.*

ment. Les cils vibratiles du palais des grenouilles soumis aux mêmes expériences ont cessé de vibrer à — 90°. Revenus à la température normale, ils ont recommencé à exécuter leurs mouvements pendulaires.

Les *vaccins* seuls et les produits de cultures microbiennes appelés *ptomaïnes* semblent beaucoup souffrir des grands froids. Les vaccins sont stérilisés. L'influence des basses températures trace ainsi une ligne de démarcation intéressante entre les microbes et les vaccins.

M. M'Kendrick, lui aussi, a recherché l'effet que produirait un froid de — 182° sur les microorganismes du sang, du lait, et d'autres liquides organiques en putréfaction. Après les avoir soumis pendant une heure à pareil régime, il entretint quelques jours les tubes à la température du sang, et, lorsqu'il les ouvrit, il reconnut que la putréfaction avait continué malgré tout.

Les rotifères et toute la série ordinaire des *infusoires* qui se développent dans l'eau stagnante ont été gelés dans l'eau où ils pullulaient; soumis pendant 24 heures à un froid de — 90°, une grande partie des habitants sont morts. A — 60° ils ont tous survécu. A — 150° il ne restait plus que des cadavres.

Ces expériences prouvent une fois de plus combien est fausse l'opinion de ceux qui voient dans la congélation de l'eau un sûr moyen de la débarrasser des êtres organisés qu'elles recèle et qui la rendent parfois si pernicieuse. Ni les infusoires, ni les microbes, ni les bacilles ne sont influencés, en aucune façon, par un froid de —10° à —20°.

Les recherches de M. Pictet sur les *œufs de ver à soie* ont été très nombreuses, grâce à une installation industrielle organisée par lui en Italie pour la conservation de ces œufs. Si les germes n'ont encore eu aucun commencement de développement, ils ne sont pas très sensibles au froid; ils peuvent supporter une température de — 40°, non seulement sans en souffrir, mais encore ils sont immunisés par là contre l'action perni-

cieuse des parasites de toute espèce qui empêche la croissance régulière des jeunes larves. Soumis aux conditions de température normale pour leur éclosion, dès que le printemps a garni les mûriers de leurs feuilles, ces œufs ne présentent presque jamais les maladies si fréquentes dans les œufs de ver à soie qui n'ont pas subi le même traitement.

Vu les avantages bien positifs de ce procédé, le refroidissement artificiel des œufs de ver à soie est entré dans la grande industrie sericicole.

Les *œufs de grenouille,* refroidis lentement à — 60°, peuvent revivre et donner éclosion aux têtards. Si la chute de température est un peu brusque, ils meurent tous.

Les *œufs de fourmi* pris dans la saison chaude sont beaucoup plus sensibles. Entre 0° et — 5° aucun ne résiste. Les œufs plus avancés sont même tués par une température de + 5° maintenue durant quelques heures.

Les *œufs d'oiseau,* on le sait depuis longtemps, sont eux aussi très peu endurants du froid. Harvey, le savant qui eut la gloire de découvrir la circulation du sang, avait déjà remarqué, il y deux siècles, que si l'on ouvre des œufs de poule deux ou trois jours après l'incubation, le cœur cesse de battre par suite du refroidissement subit; mais si l'on verse sur l'embryon quelques gouttes d'eau tiède, les battements reprennent aussitôt.

M. Pictet, à son tour, a remarqué que les œufs d'oiseau, refroidis au-dessous de — 2° à — 3°, meurent sans exceptions et ne peuvent plus être couvés. Soumis à une température de — 1°, ils survivent.

Les poissons rouges, les tanches, et en général les *poissons* qui vivent dans des étangs d'eau douce peuvent être gelés puis dégelés sans mourir. Pour cela, il faut d'abord les laisser vingt-quatre heures environ dans une eau à 0°; on les congèle alors lentement dans une atmosphère de — 8° à — 15°. Dans ces conditions, ils ne forment plus qu'un bloc avec la glace. Qu'on casse le bloc et qu'on

mette à nu un de ces poissons, on pourra le briser en petits morceaux, tout comme on brise un fragment de glace. Et cependant, en laissant fondre la glace tout doucement (1), les autres poissons qui ont été congelés, eux aussi, se remettent à nager sans donner aucun signe de malaise. Au-dessous de — 20°, l'expérience ne réussit plus avec les tanches et les poissons rouges.

Nous arrivons maintenant à une classe d'expériences plus importante et qui nous touche de plus près : les expériences qui concernent les *mammifères vivants*.

Un chien de taille moyenne à poils ras fut placé par M. Pictet dans un puits refroidi à — 92°. On avait eu soin de garnir le fond de l'appareil frigorifique avec de la toile, de façon que l'animal ne pût toucher directement les parois métalliques du frigorifère.

Un thermomètre avait été fixé dans l'aine du chien et avec toutes les précautions possibles pour assurer un parfait contact et protéger le réservoir du thermomètre contre le rayonnement. Les lectures pouvaient se faire à 35 centimètres environ au-dessus du chien.

Laissons ici la parole à l'habile expérimentateur (2).

« La température du chien étant normale, et l'animal ayant mangé deux heures avant le début de l'expérience, on introduit le chien dans le puits refroidi à — 92°.

« Dès la première minute, on observe une augmentation progressive de la rapidité de la respiration et de la fréquence du pouls. Ces accélérations vont en s'accusant pendant douze à treize minutes.

« A mon étonnement, je constate d'abord au thermomètre une augmentation de température d'environ un

(1) Si la gelée fait périr un grand nombre de plantes et d'animaux, cela tient sans doute dans beaucoup de cas aux lésions mécaniques causées par les aiguilles de glace qui se forment dans les tissus. De là vient aussi le danger d'un réchauffement trop brusque.

(2) ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES DE GENÈVE, oct. 1893, *loc. cit.*

demi-degré. L'animal donne des signes d'agitation. Après 25 minutes, la température est lentement revenue à son point de départ.

» Le chien mange *avec avidité* du pain qu'il refusait péremptoirement avant le début de l'expérience.

» La respiration est toujours très active, fréquente et profonde.

» Après 40 minutes, les extrémités des pattes sont très froides, mais la température s'est maintenue à peu près constante, oscillant, avec deux à trois dixièmes de degré près, autour de + 37°.

» Après une heure dix minutes, le chien ne marque plus d'agitation sensible, mais respire plus fort et tend à faire quelques mouvements avec les pattes maintenues par les cordes, efforts suivis de calmes complets, sauf la respiration.

» La circulation est un peu plus rapide que précédemment; on sent les pulsations du cœur bien nettes à l'artère carotide. Les extrémités se refroidissent encore plus.

» Pendant la demi-heure suivante, la bête a mangé environ 100 grammes de pain, et les conditions générales indiquées plus haut ont peu varié. La température s'est abaissée d'un demi-degré au plus.

» Tout à coup, en quelques instants, la respiration se ralentit, le pouls devient fuyant et la température s'abaisse avec rapidité. Vers 22° on retire du puits l'animal sans connaissance, et tous les soins pour le rappeler à la vie sont inutiles. »

La même expérience, répétée sur d'autres animaux, chiens et cochons d'Inde, a donné les mêmes résultats.

Par suite du pouvoir régulateur de la température interne que possèdent les mammifères vivants (1), il se produit donc en face de cet agent perturbateur, le froid,

(1) On sait que les animaux à sang chaud jouissent de la propriété singulière de maintenir constante leur température interne, quelles que soient les variations du milieu extérieur.

une réaction formidable. L'individu, menacé de perdre sa chaleur par rayonnement, réagit. Par une absorption anormale d'oxygène, par la vigueur des fonctions digestives, l'animal tend à une surproduction de chaleur et d'énergie.

Mais si la déperdition de chaleur continue, si elle devient de plus en plus considérable, pour conserver la température des parties essentielles l'individu inconscient sacrifie ses membres périphériques. La circulation s'arrête aux extrémités ; elles meurent.

Quand l'abaissement de la température a atteint 8° à 10° au-dessous de la température normale, subitement la circulation centrale s'arrête elle-même et l'animal est vaincu.

De toutes les expériences que nous avons rapportées jusqu'ici, M. Pictet tire les *conclusions* suivantes. Plus on prend les phénomènes vitaux à leur origine, dans les organismes les plus simples, plus le refroidissement peut être poussé loin, sans risque d'empêcher le développement ultérieur des animaux refroidis. L'échelle des animaux, depuis les plus inférieurs jusqu'aux mammifères, est à peu de chose près identique à l'échelle des températures minima qui peuvent être supportées par les animaux des différentes espèces. Plus l'être est simple dans son organisation, mieux il résiste à l'action des grands froids ; plus il est complexe, plus il est sensible aux effets funestes de cet agent perturbateur. La réaction brusque et énergique que produit chez les animaux à température constante le refroidissement dans un bain d'air froid conduira peut-être à des méthodes thérapeutiques utiles.

Enfin M. Pictet tire une conclusion d'ordre philosophique, mais ici il nous permettra de ne pas le suivre. Son raisonnement se réduit à ceci :

Le vie ne peut se trouver que là où il y a action chimique ; or à — 200° il n'y a plus d'action chimique possible; donc à — 200° il n'y a plus de vie possible. Et cependant

les germes refroidis à — 200°, dans lesquels il n'y a par conséquent plus de vie, revenus à la température normale, revivent et se développent. Donc, étant donnée une structure organisée morte, les conditions physico-chimiques suffisent à elles seules pour y développer tous les phénomènes vitaux de la vie végétative. La vie est donc une force du même ordre que les autres forces de la nature : pesanteur, gravitation, etc.

Nous concédons volontiers qu'à — 200° il n'y ait plus d'action chimique possible ; encore serait-ce un fait à établir : les expériences de M. Pictet n'ont porté que sur des corps dans lesquels la vie faisait défaut. Sous l'influence de cet agent mystérieux, qui sait si les actions chimiques ne s'exercent pas à des températures beaucoup plus basses. Mais soit, passons outre.

Ce qu'il faudrait prouver, ce que M. Pictet n'a pas prouvé, vu qu'il a prouvé précisément le contraire, c'est que les actions chimiques sont *essentiellement* liées à la vie.

Il dit lui-même : « Les actions chimiques, par principe même et définition, doivent se manifester dans la profondeur des tissus pour que nous puissions *y reconnaître* la vie. » Les actions chimiques sont donc *une manifestation de la vie*, et non pas *la vie* elle-même. Et qui dira qu'il n'y a vie que là où il y a manifestation de la vie ?

Que la vie ne puisse exister sans action chimique, c'est à l'expérience à nous le montrer. Or, nous le disions tantôt, l'expérience démontre tout le contraire.

Si M. Pictet, après avoir soumis les germes à un froid de — 200°, (température à laquelle, selon lui, il n'y a plus d'action chimique possible, même dans les êtres vivants), les a vus reprendre leurs fonctions vitales et se développer de nouveau, c'est que ces germes n'étaient pas morts et qu'en conséquence les actions chimiques ne sont pas essentiellement liées à la vie, du moins dans ces êtres tout à fait inférieurs.

Enfin nous ne voyons pas de quel droit on pourrait placer la vie sur le même rang que la gravitation ou la pesanteur. Pour que la matière soit animée de vie, ne faut-il pas qu'elle se trouve dans des conditions toutes spéciales ? La vie est-elle une force qui, comme les forces universelles de la nature, la pesanteur, la gravitation, s'exerce partout où il y a ne fût-ce qu'un atome de matière (1) ?

Reconnaissons, avant de reprendre notre exposé, que M. Pictet, avec le bon sens qui le caractérise, distingue entre les phénomènes de la vie végétative et ceux de la vie sensitive.

« Tous les phénomènes de l'ordre psychique, dit-il, ne sauraient jamais être produits ni expliqués par le seul mouvement de la matière organisée. »

Les recherches que nous venons d'énumérer se sont échelonnées depuis l'année 1869 jusqu'en l'année 1893, et ont été faites en partie avec la collaboration de MM. Casimir de Candolle, Édouard Sarasin, E. Yung, du Bois-Reymond, Bertin, Susani, etc., etc.

Mais lorsque M. Pictet eut fait ses premières découvertes relatives au rayonnement à basse température, il se vit amené à étudier, à ce point de vue, l'action du froid sur les êtres supérieurs.

Ici encore, le chien fut la victime choisie.

Nous avons déjà dit ce qu'il advient de l'animal soumis au rayonnement dans un puits à — 92°, lorsqu'il n'est couvert en aucune façon.

Voyons maintenant le second cas.

Entourons complètement le chien d'un duvet protecteur et d'une bonne pelisse ; mais laissons le museau libre, en sorte que l'animal puisse respirer l'air à la température ambiante.

(1) On trouvera une réfutation plus complète et écrite par une plume autorisée dans le bel article de Mgr D. Mercier, intitulé : *La Définition philosophique de la vie*, REVUE DES QUEST. SCIENT., oct. 1892, pp. 446 seqq.

De 0° à — 60°, l'animal bien protégé ne ressent rien ou presque rien. Les fourrures dont il est couvert sont encore adiathermanes pour ces rayons.

De + 37°5 (température du chien) à — 60°, toutes les radiations que l'animal émet sont arrêtées par le manteau qui le couvre; de — 70° jusqu'au froid absolu, le chien émet d'autres rayons calorifiques qui traversent le manteau et arrivent dans l'enceinte froide. Par contre, celle-ci rayonne aussi, de la périphérie vers le centre, de — 70° jusqu'au froid absolu, et restitue tout ce qu'elle reçoit ou à peu près. En sorte qu'il n'y a ni perte ni gain; l'animal n'a pas froid (1).

Mais si l'enceinte est refroidie à — 110°, il en va tout autrement. Dans ce cas, l'enceinte n'émet plus que les rayons calorifiques compris entre — 110° et le froid absolu. Le chien, au contraire, rayonne tout son spectre depuis — 70° jusqu'au froid absolu. L'animal subit donc une perte : de — 70° à — 110°, il émet au travers du duvet qui le protège des rayons calorifiques dans l'enceinte froide, et ces rayons ne lui sont pas renvoyés.

C'est là une cause de perte notable, qui soutire la chaleur à l'être vivant sans que la peau soit directement mise en cause. Le refroidissement de l'animal s'effectue en effet par *toute la masse de son corps,* qui est diathermane pour ces vibrations calorifiques longues (— 70° à — 110°).

« Les organes centraux recevant une partie des ondes calorifiques émises par les tissus superficiels et en absorbant une fraction, puisque leur diathermanéité n'est pas parfaite, il s'ensuit que les couches extérieures perdent

(1) Nous admettons ici avec M. Pictet que le spectre de la chaleur, à une température donnée, ne comprend pas seulement les rayons de longueur d'onde correspondant à cette température, mais aussi les rayons de toutes les longueurs d'onde intermédiaires entre celles de cette température et celles des températures voisines du froid absolu.

un peu plus de chaleur que les parties profondes dans le même temps.

» Cette différence sera d'autant plus petite que l'enceinte extérieure sera à une température plus basse.

» Voilà donc réalisée cette disposition, en apparence impossible, qui est de refroidir un être vivant à sang chaud sans lui faire *rien éprouver de spécial à la peau, aucun frisson, aucune impression de froid.* »

Ceux qui se trouvaient en janvier 1883 à Werchojansk, alors que le thermomètre indiquait 76° sous zéro, devaient donc moins *sentir* le froid à l'extérieur des habitations qu'à l'intérieur. Mais aussi n'eussent-ils pas résisté longtemps à pareille situation.

Pour en revenir à notre chien, au sortir de l'appareil, après 10 ou 15 minutes de station, il n'a manifesté que des symptômes très marqués d'un appétit féroce. Il est évident que si on l'avait laissé, comme son compagnon, deux ou trois heures dans le puits frigorifique, il serait mort comme lui, les fourrures et le duvet dont on l'avait entouré ne le protégeant plus à ces températures très basses.

M. Pictet a voulu expérimenter sur lui-même l'action de ces basses températures. Le *Bulletin de physique* paru dans cette Revue en janvier 1895 a déjà instruit nos lecteurs de ce fait étrange, et nous n'avons plus à y revenir.

En 1893 déjà, M. Pictet avait essayé sur lui-même l'effet du refroidissement par rayonnement. Mais, cette fois, il n'avait plongé que le bras dans le puits frigorifique maintenu à — 185°. Laissons-le dire lui-même l'impression qu'il ressentit :

« On sent, dit-il, sur toute la peau et dans toute l'épaisseur des muscles, une impression tout-à-fait caractéristique et spéciale qu'aucune description ne peut faire entendre. On éprouve une sensation peu désagréable d'abord, mais

qui le devient peu à peu et dont le siège a l'air d'être l'os central ou le périoste.

» Le mot « se refroidir jusqu'à la moelle » semble prendre une signification nouvelle et vécue. Au bout de trois à quatre minutes, la peau du bras est un peu violacée, mais la douleur devient forte et gagne surtout les parties profondes. Au bout de dix minutes, après avoir sorti le bras du puits frigorifique, on éprouve en général une forte réaction avec cuisson superficielle de la peau.

» En maniant longtemps de la neige avec les bras nus, la réaction cutanée subséquente ressemble, en plus affaibli, à cette cuisson qui apparaît à la fin de l'expérience décrite. »

Pour rendre notre travail plus complet, nous devrions étudier en finissant le froid au point de vue thérapeutique. Nous ne ferons qu'indiquer, sans entrer dans aucun détail, quelques-unes des propriétés précieuses du froid utilisées aujourd'hui en médecine.

L'hydrothérapie, quoique ressuscitée pour ainsi dire dans ces dernières années, date des temps les plus reculés. La réaction qui suit les bains froids a toujours été considérée comme un remède des plus précieux dans un grand nombre de maladies.

On a employé aussi avec succès les bâtons d'acide carbonique solide et surtout les projections de chlorure de méthyle liquide pour la guérison des sciatiques.

Enfin les liquides très volatils, tels que certains gaz liquéfiés, peuvent parfois servir d'anesthésiques locaux.

Faudra-t-il ajouter à cela le refroidissement dans un puits maintenu à —100° comme remède énergique contre les gastralgies ? C'est à l'avenir à nous le faire savoir. Le cas de M. Pictet, guéri, en huit séances, de douleurs d'estomac vieilles de six ans, ne peut suffire à lui seul pour démontrer l'efficacité de cette cure.

Nous voici arrivés au terme de cette étude déjà trop longue. De tout ce que nous avons dit, la conclusion la plus nette qui se dégage, c'est que la « cryologie » est encore à l'état embryonnaire. Que l'on considère les progrès encore à réaliser dans le domaine de la physique ou dans celui de la chimie et de la physiologie, et la vérité de notre conclusion apparaîtra d'elle-même.

Libre champ reste donc ouvert à tous ceux que tente ce genre d'études, et que ne feront point reculer le temps et les ressources à dépenser dans semblables travaux.

A eux et à MM. Pictet, Olzewski, Dewar, etc., nous souhaitons plein et entier succès dans leurs laborieuses recherches.

J. Van Geersdaele, S. J.

QUELQUES EXPLOITS

D'UNE

PARTICULE D'AIR (1)

—

En 1880 (2), à la séance publique de la Classe des sciences, j'ai eu l'honneur de faire une lecture sur les voyages et métamorphoses d'une gouttelette d'eau ; à cette occasion, j'ai décrit brièvement les diverses phases du cycle immense que parcourt la gouttelette depuis le moment où elle faisait partie des vastes bassins des mers, jusqu'à celui où, après de longues traversées et bien des transformations, elle a regagné ses compagnes de l'océan.

L'an dernier, j'ai publié quelques pages de l'histoire d'un grain de poussière (3) ; j'ai insisté alors sur l'étonnante profusion des parcelles solides dans nos demeures, dans nos lieux de réunion, dans les fabriques et dans les mines ; après avoir signalé les dangers que présentent ces parcelles dans des circonstances spéciales, j'ai rappelé combien les grains de poussière sont répandus dans l'atmosphère, et j'ai tâché de montrer le rôle très considérable qu'ils jouent soit dans la production de l'aurore et

(1) Lecture faite à l'Académie des sciences de Belgique, dans la séance publique du 14 décembre 1895.

(2) BULLETIN DE L'ACAD. ROY. DE BELG., 1880, t. L, p. 425.

(3) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, juillet 1894, t. XXXVI, pp. 17 et suiv.

du crépuscule, soit dans la diffusion de la lumière suivant toutes les directions.

Aujourd'hui je me propose de décrire quelques exploits d'une autre créature minuscule, qui nous offre la particularité d'être des centaines de fois plus légère qu'une gouttelette d'eau ou un corpuscule solide; je me bornerai à célébrer quelques hauts faits de cette héroïne — je ne crains pas de l'appeler ainsi — dans ses rapports avec les liquides et avec les solides; nous verrons qu'elle ne le cède à ses émules ni en activité, ni en vaillance. Et quel est donc ce petit être si merveilleux? Une simple particule d'air.

Bien qu'elle et ses compagnes échappent complètement à notre vue, elles sont répandues partout autour de nous, et pénètrent même dans notre organisme à tel point que, sans une multitude de ces particules jouant un rôle déterminé dans notre corps, nous ne pourrions ni respirer, ni vivre un seul instant.

Est-il possible d'isoler une de ces particules? N'y songeons pas; d'ailleurs, lors même que nous y parviendrions, nous ne la verrions pas. Heureusement, nous sommes en état d'en isoler des assemblages, dont nous distinguons assez nettement les limites; parmi les nombreux moyens d'y réussir, arrêtons-nous au suivant, qui, à vrai dire, n'est pas le plus simple, mais l'un des plus instructifs.

Voici un verre de montre et une capsule contenant de l'eau; la concavité du verre de montre étant tournée vers le bas, inclinons-le légèrement, et plongeons-le dans le liquide; aussitôt apparaît une ligne brillante qui semble limiter la partie mouillée de la surface concave du verre. Quel est donc l'obstacle qui empêche l'eau de mouiller cette face du verre de montre aussi bien que la face convexe? Cet obstacle, c'est un ensemble de particules d'air; légèrement comprimées pendant l'immersion, elles se sont groupées pour former un globule gazeux.

Avant d'être isolé par notre petite manœuvre, le globule faisait partie d'une des mille et mille tranches concentriques dont se compose l'atmosphère, c'est-à-dire cette immense couche gazeuse qui enveloppe tout le globe terrestre, et dont chacune, pesant sur celle qui lui est inférieure, et communiquant en outre le poids des tranches qui sont au-dessus d'elle, détermine au niveau de la mer une pression totale égale en moyenne à $1^{k},033$ par centimètre carré. Notre globule d'air est-il également soumis à cette pression? Sans aucun doute, car elle est transmise intégralement par l'intermédiaire de l'eau, c'est-à-dire d'un milieu très peu compressible, mais parfaitement élastique. A cette pression de l'air extérieur s'ajoute encore celle du liquide s'élevant au-dessus du globule d'air dans la capsule.

Actuellement celui-ci n'accuse sa présence que par la couche liquide si brillante qui l'entoure; mais d'où vient donc la forme si régulière du globule? Où est le siège des forces figuratrices dont nous admirons l'effet mystérieux? Est-ce dans le globule d'air lui-même? Oh! non; ces forces résident essentiellement dans la portion liquide très mince qui limite le petit volume d'air, et encore la partie active n'a-t-elle qu'une épaisseur d'environ $1^{mm} : 20\,000$. C'est cette couche si mince qui est douée d'une force contractile, et qui, pour ce motif, tend toujours à occuper la moindre étendue possible, eu égard au volume qu'elle enveloppe; en outre, en vertu de sa courbure, elle exerce sur l'air emprisonné dans le liquide une pression d'autant plus grande que les dimensions du globule sont moindres; si ces dimensions sont très petites, par exemple d'une fraction de millimètre, les globules gazeux sont toujours sphériques comme les bullettes d'acide carbonique qui s'élèvent à travers une liqueur mousseuse.

Mais, direz-vous, quel est donc le chercheur qui nous a initiés à toutes ces particularités? Ce chercheur, dont l'Académie a publié les travaux à jamais mémorables,

c'est Joseph Plateau qui, par les yeux de l'esprit seulement (hélas! depuis longtemps il était frappé de cécité!) a pu contempler les splendides figures d'équilibre des liquides soumis à leurs seules forces moléculaires; c'est ce savant infatigable qui est parvenu à réaliser ces figures par la main de ses collaborateurs! Admirable privilège du génie, qui, à force de ténacité, finit par atteindre le but à travers mille entraves, et malgré des difficultés en apparence insurmontables!

Revenons à notre globule d'air emprisonné sous le verre de montre : il est donc soumis à la fois à la pression de l'atmosphère, transmise par le liquide ambiant, à la pression hydrostatique de l'eau s'élevant au-dessus de lui, et enfin à la pression capillaire provenant de la couche brillante qui l'entoure. Comment nos particules si légères, si ténues, peuvent-elles résister à la somme de ces trois pressions? Ah! c'est que tout se passe comme si, entre ces particules, s'exerçait une force répulsive d'autant plus marquée qu'elles sont comprimées plus fortement, et en vertu de laquelle le globule occuperait aussitôt un volume plus grand si la pression extérieure devenait beaucoup moindre. Voilà pourquoi le calme le plus parfait semble régner dans la couche servant d'enveloppe à nos particules. Mais ce calme, si profond en apparence, est-il bien réel? Faut-il prendre à la lettre la condition d'équilibre énoncée à cet égard par tous les physiciens? Assurément non, car si, par la pensée, les dernières parcelles du liquide et de l'air étaient grossies des milliards de fois, quel spectacle émouvant s'offrirait à nos yeux! Nous verrions ces parcelles se livrer à une lutte à côté de laquelle les grandes batailles historiques ne seraient que des escarmouches, et dont nous pourrions contempler les différentes phases avec un véritable plaisir; car cette lutte-là ne laisse jamais ni morts, ni blessés.

Toutefois, avant de la décrire, apprenons à connaître les armes ou plutôt les moyens d'attaque de nos combat-

tantes ultra-microscopiques. Quant à nos petites héroïnes gazeuses, nous savons déjà qu'elles se repoussent les unes les autres, et cela avec d'autant plus d'énergie qu'elles sont plus comprimées. Mais quelle est la force qui anime les molécules liquides avoisinant le globule ?

Pour le savoir, il ne faut pas même recourir à des considérations plus ou moins abstraites ; il suffit de rappeler quelques faits connus de tout le monde. Un objet mouillé exposé à l'air d'une chambre devient de moins en moins humide et finit par être parfaitement sec ; même après une pluie diluvienne, les pavés de nos rues ne tardent souvent pas à perdre toute trace d'humidité ; si un vase ouvert et contenant de l'eau est maintenu pendant plusieurs heures sur l'un des plateaux d'une balance, et que l'on fasse de temps en temps la pesée, on constatera que le poids de l'eau va toujours en diminuant. Ces exemples et bien d'autres du même genre ne nous obligent-ils pas à conclure que les particules superficielles de l'eau tendent constamment à se séparer du reste de la masse ? Mais que deviennent les particules ainsi détachées du liquide ? Elles se séparent en parcelles de vapeur invisibles et tellement légères qu'elles montent dans l'atmosphère ou dans l'air ambiant ; or, le passage de l'état liquide à l'état de vapeur ne peut évidemment s'opérer que d'une manière graduelle ; c'est pourquoi nous devons admettre que, dans la couche superficielle du liquide, les distances entre les molécules vont en croissant à mesure qu'elles sont plus rapprochées de la surface libre. Dans le sens tangentiel à cette dernière, l'écartement progressif des molécules fait naître des forces contractiles agissant pour donner à la surface liquide la moindre étendue possible : voilà les forces qui façonnent si admirablement les limites de notre globule gazeux. Dans le sens normal, au contraire, l'accroissement graduel des distances intermoléculaires provoque une tendance à l'évaporation ; c'est précisément le phénomène dont je viens de rappeler quelques exemples bien simples.

Figurons-nous à présent la lutte entre des particules rivales dont les unes tendent sans cesse à s'échapper dans le globule d'air, et dont les autres (nos particules gazeuses) font un effort continu pour pénétrer dans l'eau. Assistons par la pensée à ce brillant tournoi ; voyez-vous les particules liquides se séparer entre elles près de la surface limite, les unes se lancer dans l'air du globule, et les autres reprendre aussitôt la place de celles qui les ont précédées ou qui ont disparu ? Mais, ô prodige ! les sphérules d'eau lancées dans l'air ont elles-mêmes une tendance extrêmement prononcée à se résoudre en molécules incomparablement plus ténues encore, et à produire de la vapeur plus légère que l'air même. Comme l'eau est un milieu d'une élasticité parfaite, chaque sphérule qui s'en détache donne lieu à des mouvements vibratoires, et ces mouvements se communiquent à la masse liquide tout entière.

Portons maintenant notre attention sur les particules d'air : elles font incessamment effort pour se loger dans les intervalles libres de la ligne de bataille ; à peine l'une d'elles a-t-elle pénétré dans l'intervalle de deux molécules liquides en vibration, que celles-ci, obéissant à leur attraction mutuelle, font avancer davantage la particule, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elle se trouve engagée au milieu de la masse. Voilà comment bien des particules d'air parviennent, les unes après les autres, jusqu'aux parties les plus profondes de l'eau, où elles sont sans doute fortement comprimées, et acquièrent ainsi une cohésion croissante, tandis que la cohésion moyenne de l'eau va, au contraire, en diminuant. De même que les parcelles de vapeur d'eau qui s'engagent dans l'air du globule finissent par le saturer, de même les particules d'air ne pénètrent en plus grand nombre dans l'eau que jusqu'au moment où celle-ci est saturée de gaz.

D'après cela, plus la température est basse et conséquemment plus la cohésion de l'eau est forte, plus aussi la quantité d'air dissous peut devenir notable ; c'est pour ce

motif, sans doute, que la moindre variation de température modifie la puissance d'absorption de l'air par l'eau.

On comprend aisément aussi que la quantité d'air dissous dans l'eau augmente de plus en plus à mesure que la pression extérieure devient plus grande ; qui ne connaît, en effet, les nombreuses applications de cette propriété, notamment pour la fabrication des boissons gazeuses ?

Puisque l'air se trouve incorporé, pour ainsi dire, dans l'eau, comment faire, demandera-t-on peut-être, pour débarrasser celle-ci du gaz dissous? Rien de plus facile que de le retirer, du moins en grande partie : il suffit de chauffer le liquide pendant quelques minutes pour voir apparaître une infinité de petites bulles d'air adhérentes à la paroi ou s'élevant du sein de l'eau. Pour chasser tout l'air dissous, il faudrait soumettre le liquide à une ébullition prolongée, ce qui ferait croître d'une façon étonnante la cohésion de l'eau après son refroidissement. Je me plais à rappeler à cet égard les expériences si frappantes de notre excellent confrère, M. Donny : cet habile expérimentateur a nettement démontré la cohésion vraiment surprenante de l'eau bien purgée d'air. Qui ne sait aujourd'hui que, dans ces conditions, l'eau ne bout qu'à des températures très notablement supérieures au point d'ébullition normal ? Quel mécanicien ignore actuellement que l'eau servant à la production de la vapeur dans les chaudières doit être aérée, s'il veut que la machine marche régulièrement sans danger d'explosion ?

Mais je reviens à l'échange d'air et de vapeur près de la surface limite du globule gazeux, et aux mille aventures encore peu ou point connues de nos héroïnes rivales dans leur lutte incessante pour pénétrer les unes dans l'espace occupé par les autres. Puisqu'il y a tant d'efforts déployés sans relâche aux confins de l'eau et de l'air dans un simple globule gazeux, n'est-il pas naturel de se demander quelle somme énorme de travail s'effectue sans interruption à la surface commune à l'atmosphère entière et aux eaux de

toutes les rivières, de tous les fleuves, de tous les lacs, de toutes les mers du globe ? Mais ici l'imagination la plus puissante demeure confondue devant une activité aussi prodigieuse.

Qui, en effet, mesurera les quantités immenses de vapeur invisible répandues dans l'atmosphère ? A quelle balance évaluer le poids des brouillards et des nuages suspendus au-dessus de nos têtes ? Qui pèsera les longues bandes de parcelles de glace flottant dans les régions supérieures de l'air ? Qui, surtout, appréciera dignement les services rendus à l'humanité par ces légions de parcelles liquides transportées à de grandes hauteurs dans l'atmosphère et distribuant partout la chaleur et la fécondité ?

Dans notre complète insuffisance, contentons-nous de dire avec Louis Racine, en rectifiant un peu le premier vers :

« La mer, qui de son sein repousse les vapeurs (1),
Par ces eaux qu'elle perd, voit une mer nouvelle
Se former, s'élever et s'étendre sur elle ;
De nuages légers cet amas précieux
Que dispersent au loin les vents officieux,
Tantôt, féconde pluie, arrose nos campagnes,
Tantôt retombe en neige et blanchit nos montagnes. »
. . . . . .

Mais n'insistons pas davantage, et poursuivons plutôt nos particules d'air qui parviennent à percer de toutes parts la surface libre des eaux. Imaginons toujours les objets grossis suffisamment, et que verrons-nous ? Des particules gazeuses se glisser les unes derrière les autres dans les intervalles de la couche liquide superficielle ; ici, des particules d'un gaz vivifiant par excellence, c'est-à-

(1) Le poète avait écrit :
« La mer, dont le soleil attire les vapeurs » ;
mais l'évaporation a lieu la nuit comme le jour, par un temps froid comme par un temps chaud ; toutefois la chaleur solaire, de même que le vent, active fortement la production de la vapeur.

dire d'oxygène, destinées à assainir l'eau et à favoriser la respiration des habitants des fleuves et des mers ; là, des molécules d'un autre gaz appelé azote, et ayant, entre autres, pour mission de modérer la vivacité de l'action de ses compagnes; ailleurs, des molécules d'un gaz nommé *argon*, récemment découvert par lord Rayleigh et M. Ramsay, et dont le rôle mystérieux sera sans doute éclairci un jour ; ailleurs encore, des molécules d'un quatrième gaz, l'acide carbonique, spécialement réservées pour la croissance des plantes. Est-ce tout ? Non, car nous verrions avec stupéfaction pénétrer encore dans l'eau une infinité de germes de végétaux et d'animaux, n'attendant que des conditions favorables pour grandir et se développer avec une étonnante rapidité. N'est-il pas prouvé aujourd'hui qu'il suffit d'exposer à la lumière, dans un vase ouvert, de l'eau préalablement bouillie, pour que, au bout d'une semaine, il se soit formé, sur les parois, des taches où un puissant microscope révèle l'existence de millions de très petites plantes avec lesquelles sont associées des légions d'animalcules ? D'après des résultats précis d'observations aussi nombreuses que délicates, des germes de plantes et d'animaux existent partout dans l'air comme dans l'eau ; surviennent des conditions favorables de lumière et de température, aussitôt ces germes croissent, se multiplient et deviennent visibles, du moins au microscope.

Mais, dira-t-on, comment ces êtres peuvent-ils se nourrir dans l'eau ? Ici nous rencontrons une de ces harmonies merveilleuses qu'on ne peut constater sans être rempli d'enthousiasme. En effet, comme toute végétation, ces plantes aquatiques sont principalement formées de carbone ; eh bien ! elles puisent le carbone nécessaire, en partie dans l'acide carbonique dissous dans l'eau, mais surtout dans l'acide carbonique dégagé par les petits êtres vivants associés aux plantes. D'autre part, ces animalcules se nourrissent, soit en s'entre-dévorant, soit en mangeant quelque peu les plantes voisines. L'acide carbonique qu'ils

exhalent est à son tour décomposé par les plantes, qui s'assimilent le carbone et dégagent l'oxygène dont les animalcules ont précisément besoin pour se conserver en bonne santé.

Voilà comment, dans les eaux répandues sur la terre, est maintenue, d'une façon providentielle, la balance de la vie! et cette balance, est si bien équilibrée, que les organismes végétaux et animaux apparaissent et disparaissent suivant des lois mystérieuses qui dépendent sans doute de la lumière, de la température, des alternatives du jour et de la nuit, de la quantité de matières dissoutes, etc. Tout est si bien coordonné que, si l'on introduisait à dessein quelque organisme vivant dans le vase d'expérimentation, aussitôt les relations déjà établies seraient troublées, et, au bout de quelque temps, il se produirait de nouveaux arrangements que l'on ne pouvait assigner d'avance.

Le tournoi gigantesque entre les parties constitutives de l'atmosphère et les eaux distribuées sur la terre tout entière, tournoi invisible, mais pourtant bien réel, très animé et de plus incessant, n'offre-t-il pas un des exemples les plus imposants, les plus grandioses de la lutte pour la vie... des autres ? En effet, tous ces efforts de l'eau pour se répandre dans l'air à l'état de vapeur ne tendent-ils pas directement au bien-être de l'humanité, au développement normal de tous les organismes vivant dans l'atmosphère ? Et de même, l'étonnante énergie déployée par les particules invisibles de l'air n'a-t-elle pas pour résultat de purifier l'eau et de contribuer à la vie des innombrables habitants des lacs, des rivières, des fleuves et des mers ?

*
* *

Après cette rapide esquisse des combats livrés sans interruption entre l'air et l'eau, abordons maintenant l'exposé de quelques hauts faits de notre héroïne dans ses relations avec les corps solides. Mais j'entends poser la

question de savoir ce que les particules d'air si minimes peuvent bien avoir de commun avec des masses solides de forme invariable, incomparablement plus denses, et dont toutes les parties semblent être trop compactes pour permettre l'accès de nos parcelles gazeuses. C'est effectivement l'idée que l'on s'est faite, jusque dans ces derniers temps, de la manière d'être des corps solides. Mais cette idée n'est pas conforme à la réalité ; car, de même que les particules superficielles des liquides tendent à se répandre dans le milieu ambiant, tout se passe comme si pareillement les molécules des corps solides étaient repoussées de l'intérieur vers l'extérieur, et s'écartaient ainsi de plus en plus entre elles, mais seulement dans une couche superficielle excessivement mince. Est-ce là une induction contraire aux faits ? Bien loin de là ; qui ne sait, en effet, que le camphre, l'iode, la glace, etc., se changent en vapeur à la température ordinaire ? Quoi de plus connu que les odeurs répandues par certains corps solides, tels que le bois, le cuir, le soufre, etc. ? N'est-il pas certain que, d'un pétale de rose ou de violette, et, en général, de tous les parfums solides, se détachent constamment une infinité de particules d'une ténuité incroyable et pourtant capables d'exciter les muqueuses de l'odorat ou, comme on dit volontiers, d'embaumer l'air qu'on respire ?

Bien d'autres faits prouvent une constitution exceptionnelle de la couche libre des corps solides ; je ne citerai ici que les expériences de M. De Marçay sur la vaporisation des métaux dans le vide à des températures inférieures à leurs points de fusion, et, tout spécialement, les recherches de notre confrère M. Spring sur la soudure directe des métaux, soit de même espèce, soit d'espèces différentes.

Concluons de l'ensemble de toutes ces preuves qu'il existe à la surface des corps solides une couche extrêmement mince où la densité diminue de plus en plus à mesure qu'on approche davantage de la tranche libre. Admettons, par conséquent, cette constitution particulière

dans la couche superficielle des solides, et assistons, par un nouvel effort de notre imagination, au travail sans relâche de nos parcelles d'air dans le voisinage immédiat d'un corps solide quelconque ; les voilà qui se lancent avec ardeur dans les intervalles invisibles des molécules extrêmes de celui-ci, se fraient un passage à travers d'innombrables pores, d'où résulte enfin un ensemble formé de parcelles solides et d'agrégats plus ou moins condensés de particules gazeuses. N'est-ce pas ainsi que se développe rapidement ce réseau très fin, sans doute, mais pourtant fort résistant qui recouvre tous les corps solides et qu'il est même très difficile d'enlever ?

Mais, direz-vous, quel intérêt peut bien nous offrir cette activité incessante de l'air ? Oh ! un intérêt de la plus haute importance ; car, sans cette couche protectrice recouvrant les solides, tout objet amené en contact avec un autre risquerait bien souvent d'y adhérer au point de ne pouvoir s'en séparer qu'au prix d'un grand effort. Oui, c'est cette couche invisible qui permet à l'ouvrier de se servir habilement de ses outils, au lecteur de tourner aisément les pages de son livre, à l'écrivain de manier à volonté sa plume, au voyageur de détacher sans peine les pieds du sol, etc. Je n'en finirais pas, s'il fallait citer les principaux exemples de l'utilité de ce coussin microscopique d'air à la surface des corps solides, et Dieu sait combien la société serait troublée sans cette manifestation continuelle de l'énergie de notre humble particule.

De longues et patientes observations dues à Moser et à Waidele ont rendu extrêmement probable que chaque corps a son enduit gazeux particulier, qui dépend de l'état de la surface libre, de la température, de la pression, des vapeurs répandues dans l'espace ambiant, etc. Cela est si vrai qu'il suffit de passer le doigt sur une plaque de verre ou de métal pour modifier le petit agrégat moléculaire recouvrant la surface. En veut-on la preuve ? On trace avec le doigt ou le bout d'une tige quelconque

quelques caractères invisibles sur la plaque, puis on y dépose l'haleine ; aussitôt on voit apparaître l'ensemble des traits, sans aucun doute parce que la vapeur d'eau de l'haleine se dépose autrement sur la surface demeurée intacte qu'aux endroits marqués par les traits.

Faut-il signaler encore, à ce sujet, un tour de force ou plutôt d'adresse exécuté par nos modestes particules ? On maintient pendant longtemps, à une très petite distance mutuelle, deux plaques métalliques dont l'une est parfaitement polie, et dont l'autre porte des caractères gravés, ainsi que cela se présente généralement dans les montres de prix ; dès lors si, au bout de quelques mois, par exemple, on sépare les deux plaques, le simple dépôt de l'haleine sur la surface lisse y fait apparaître les caractères de la plaque maintenue primitivement en regard. Par quelle influence magique pareil effet peut-il se manifester ? C'est que les portions creuses de l'une des plaques condensent plus d'air et d'humidité, et qu'ainsi, par les changements fréquents de la température et de la pression atmosphérique, les portions lisses en regard des cavités sont recouvertes d'un enduit gazeux différent de celui des parties voisines ; la différence est accusée par une condensation spéciale de la vapeur d'eau de l'haleine.

Dans le même ordre d'idées, citons un véritable exploit de notre héroïne invisible. On sait que dans l'atmosphère flottent des légions de grains de poussière, non seulement près du sol, mais même à plusieurs kilomètres au-dessus du niveau de la mer. Pour se faire une idée du nombre prodigieux de parcelles solides suspendues dans l'air, il suffit de recueillir de la neige pendant les premiers moments de sa chute ; l'eau provenant de sa fusion est presque noire, tellement les innombrables cavités des petits cristaux de neige ont entraîné de corpuscules de toute espèce ; les flocons recueillis ensuite donnent successivement de l'eau de plus en plus claire ; c'est ce qui a valu à la neige le surnom de *balai de l'atmosphère*. Mais quel est donc le

pouvoir caché qui maintient tant de parcelles solides suspendues dans l'air à des hauteurs même très considérables ? Car enfin, prises une à une, et parfaitement séchées, les poussières pèsent sans doute bien plus que l'air déplacé par elles. Pour découvrir la cause très probable de ce singulier phénomène, rappelons que la constitution d'une parcelle solide est celle d'un très petit noyau entouré d'une couche très mince où la densité diminue graduellement et où s'infiltre l'air ambiant pour en faire une sorte de réseau ; donc plus le noyau est petit, plus est notable l'influence de ce réseau relativement bien plus léger. A cette première cause, on doit en ajouter une autre, peut-être plus puissante encore : les cavités d'un grain de poussière jouissent à un haut degré de la propriété d'attirer l'humidité de l'air, ce qui détermine autour du corpuscule une atmosphère de vapeur invisible formant pour ainsi dire avec lui un seul et même système ; or, la densité de la vapeur d'eau n'est que les 0,625 de celle de l'air à la même pression ; voilà, sans doute, la principale raison pour laquelle nos petites particules sont capables de soutenir sans succomber le poids des myriades de grains de poussière répandus partout dans l'atmosphère terrestre.

Mais, objectera-t-on peut-être, voilà un exploit bien inutile et même très fâcheux ; car ne vaudrait-il pas cent fois mieux que l'air fût débarrassé de tous les corpuscules qui en diminuent la transparence et parfois offusquent même l'éclat du soleil ? Non, mille fois non ! car sans les légions de grains de poussière, la lumière du jour, au lieu d'être diffusée dans tous les sens, ne serait perçue que dans la direction même des corps lumineux, et par diffusion sur les corps terrestres ; partout ailleurs régnerait l'obscurité ; de plus, ce qui serait une vraie calamité, la chaleur du globe se perdrait bien plus vite par rayonnement vers les espaces célestes, et les habitants de la terre seraient exposés à un froid insupportable.

Il est à peine nécessaire d'ajouter qu'une explication

analogue s'applique à la suspension des globules d'eau formant les nuages.

Mais nous voici conviés à la constatation d'une série de phénomènes sonores, toujours bien curieux, parfois même fort imposants. Nos particules d'air sont, nous l'avons déjà vu, extrêmement mobiles ; néanmoins, dès qu'on les écarte violemment des positions qu'elles occupent dans l'espace, elles ont besoin d'un temps appréciable pour le remplir de nouveau, et, dans ce cas, elles ne peuvent reprendre leur densité primitive qu'en exécutant des vibrations souvent assez rapides pour produire des sons. Par exemple, quand le postillon fait claquer son fouet, les sons perçus proviennent des mille et mille vibrations exécutées par les particules d'air subitement écartées de leurs positions d'équilibre ; lorsque le sol tremble à la suite des formidables décharges d'artillerie sur un champ de bataille, ce sont les milliards de particules qui, chassées de toutes parts, vibrent en tous sens et avec un bruit épouvantable. Faut-il citer encore les mugissements des tempêtes sur mer et sur terre ? Les légions de particules vivement poussées par le vent se rapprochent et s'écartent tour à tour ; sur la mer, elles soulèvent d'énormes vagues qui emprisonnent des millions de nos héroïnes, les abandonnent brusquement après avoir déferlé, et retombent enfin avec fracas ; sur terre, l'air en mouvement fait monter des nuages de poussières, passe en sifflant à travers les milliers d'interstices de nos demeures, et, dans sa fougue irrésistible, renverse souvent bien des obstacles. Enfin, entendez-vous les roulements du tonnerre qui succèdent à l'apparition d'un éclair ? Le fluide électrique, en traversant l'espace, rencontre d'autant plus de résistance que l'air est plus comprimé, et tantôt se propage en zigzag, tantôt s'épanouit en une série de branches différentes. Alors se manifeste un désordre effrayant parmi nos particules ; de là les éclats soudains du tonnerre et ses roulements parfois si prolongés ; quand toute la nature paraît

troublée, agitée, courroucée, qui se douterait du rôle considérable joué par nos actrices invisibles ? Qui n'éprouverait un vif sentiment de surprise en apprenant que c'est la même particule d'air qui contribue à transmettre les sons si doux de la voix d'un enfant et à produire les bruits si redoutables d'un ouragan ?

Terminons par la description d'un dernier exploit. Nous venons de rappeler la puissance des particules d'air lancées par un vent violent contre un obstacle fixe; demandons-nous actuellement de quelle manière se manifeste leur énergie, quand l'air est traversé par un projectile sphérique, par exemple, et animé d'une très grande vitesse. Puisque nos particules sont si légères, si mobiles, remplissent-elles instantanément le vide laissé derrière le projectile à mesure qu'il avance ? D'autre part, les parcelles choquées par le mobile pourront-elles s'échapper aussitôt le long du corps en mouvement ? Pour répondre à ces questions, il suffit de rappeler que l'air, malgré sa mobilité extrême, oppose une certaine résistance à tout déplacement soudain. Voilà pourquoi le vide laissé derrière le projectile ne sera pas comblé à l'instant même de sa formation, tandis que, en avant, de très nombreuses particules, ne pouvant s'échapper à temps autour du corps en mouvement, seront accumulées au point d'augmenter notablement la pression qu'elles exercent contre lui ; tout se passe comme si, devant le projectile, était tendu un ressort assez énergique pour annuler à chaque instant une partie de la vitesse du corps, et pour déformer un obstacle solide placé sur la trajectoire.

Cette idée a frappé particulièrement l'esprit de notre savant et regretté confrère Melsens; après avoir longtemps médité sur la question, il croyait entendre la voix mystérieuse de notre particule qui lui disait : « Ne me méprise pas ! Sans doute, je suis bien plus petite encore qu'on ne peut l'imaginer ; mais j'ai des compagnes dont le nombre compense l'inconcevable exiguïté, et en unissant nos

efforts après avoir été fortement serrées les unes contre les autres, nous pouvons exercer une très forte pression pour reprendre nos distances primitives ; notre puissance peut croître alors jusqu'à diminuer graduellement l'élan du corps qui nous a condensées, et vaincre des résistances très considérables. »

La voix de notre héroïne, que tant de chercheurs n'avaient pas entendue, ou qu'ils avaient dédaignée jusqu'alors, fut-elle méconnue par l'ingénieux physicien ? Non certes, car il l'écoutait sans cesse, en se livrant, à ce sujet, à une longue série d'expériences remarquables, auxquelles son nom restera toujours attaché avec honneur ; il a pu constater victorieusement que l'air, accumulé devant un projectile sphérique et lancé avec une vitesse suffisante, forme une couche gazeuse capable de s'opposer au contact immédiat de la balle et d'un milieu résistant, particulièrement au point où la trajectoire rencontre le solide frappé normalement.

Du reste, les idées de Melsens ont été confirmées une fois de plus et d'une manière fort élégante par un physicien très distingué, M. E. Mach, professeur à l'Université allemande de Prague, qui est parvenu à obtenir l'image photographique d'un projectile animé d'une très grande vitesse et des ondes gazeuses condensées qui le précèdent.

Après des résultats aussi bien établis, comment douter que le coussin d'air fortement comprimé qui précède le projectile ne cause de grands retards dans sa marche, et, par conséquent, un grand échauffement dans la balle même ? A l'appui de cette affirmation, on peut citer l'exemple des aérolithes ou petits corps planétaires arrachés à leurs orbites par l'attraction de la terre ; ces corps atteignent notre atmosphère avec des vitesses allant jusqu'à 60 kilomètres par seconde ; mais aussitôt nos vaillantes particules d'air leur opposent une résistance tellement grande que la force vive transformée en chaleur suffit, et

au delà, pour les rendre incandescents, parfois même pour les faire éclater.

Les expériences si concluantes de Melsens m'ont fait présumer, dès 1874, qu'on empêcherait à la fois le retard et l'échauffement notables d'un projectile dans sa marche à travers l'air, en pratiquant dans la balle un canal très étroit et légèrement conique, lequel recevrait un obturateur métallique convenable. « De cette manière », disais-je dans mon cours de thermodynamique, « la balle pourrait être lancée sans laisser s'échapper plus de gaz que d'ordinaire ; une fois sortie de l'âme, elle condenserait alors l'air devant elle, tandis que, derrière elle, l'air serait extrêmement raréfié ; il se produirait bientôt une différence de pression capable de lancer le tampon conique hors du projectile, et dès lors il n'y aurait plus de projectile-air. » Dans ces conditions, disais-je enfin, la vitesse des projectiles se conserverait à de bien plus grandes distances, et l'échauffement serait notablement moindre sur leur trajet. »

Voilà les résultats probables qne j'annonçais à mes élèves il y a plus de vingt et un ans ; si leur probabilité n'a pas été changée alors en certitude, c'est que je n'étais pas en mesure de faire moi-même des expériences de vérification ; et, malheureusement, nul n'étant prophète en son pays, je n'ai pas réussi à en faire exécuter, d'après mes indications, par des hommes compétents.

Mais des essais ont été entrepris et menés à bonne fin, il y a environ deux ans, en Allemagne, avec la balle Hebler-Krnka. Suivant l'axe de cette balle de fusil est pratiqué un canal cylindrique de $3^{mm},2$ de diamètre, s'élargissant à la partie postérieure en forme d'entonnoir jusqu'au diamètre $5^{mm},6$; le projectile en forme d'olive a sa partie antérieure taillée à arêtes vives ; l'olive est chemisée d'acier ou de nickel ; la périphérie du canal reçoit la même enveloppe. Pour empêcher les gaz de la poudre de s'échapper par le canal intérieur, MM. Hebler et

Krnka ont réalisé précisément le moyen que j'avais préconisé dès 1874 : ils ferment la partie postérieure de la balle à l'aide d'un culot de forme conique, pesant à peu près $0^{gr},3$, et susceptible d'être introduit dans l'espèce d'entonnoir. A peine sorti du canon, le projectile traverse l'air qui, pénétrant par l'ouverture antérieure, débouche le canal, et chasse en arrière le culot, qui tombe à quelques pas du tireur ; dès lors la résistance de l'air se trouve fort diminuée.

C'est ce qui a permis de réduire notablement le poids du projectile ; on a fait plusieurs espèces de balles, les unes en plomb comprimé, les autres avec du zinc ou un mélange de zinc et d'étain.

Et quels ont été les effets produits par toutes ces modifications ? Les voici, d'après un extrait de la REVUE ENCYCLOPÉDIQUE DE PARIS (n° du 1er août 1894) : « Avec un projectile réduit au poids de $4^{gr},3$, ou même de $3^{gr},1$, MM. Hebler et Krnka ont obtenu des vitesses initiales de plus de 900 mètres, une portée maxima de 5400 mètres ; à cette distance, les balles avaient encore une force de pénétration de $0^{m},45$ dans du sapin. En outre, avec le même poids, le soldat pourrait porter 330 cartouches au lieu de 150. »

La comparaison des résultats vraiment extraordinaires ainsi obtenus avec ceux que l'on constate en permettant aux particules d'air de s'accumuler devant un projectile, ne nous donne-t-elle pas une preuve manifeste de leur puissance étonnante, lorsqu'elles sont soumises par le mobile à une forte compression, et peuvent alors déployer toute leur énergie demeurée si longtemps mystérieuse ?

Mais il est temps d'arrêter la description des exploits de notre héroïne, et de lui rendre brièvement un solennel hommage.

Salut donc, humble particule d'air, qui rachètes ton inconvenable petitesse par une profusion suffisante pour

la formation de l'immense couche gazeuse enveloppant toute la terre !

Salut, digne travailleuse, qui sans cesse distribues partout les éléments nécessaires à l'épanouissement de la plus modeste fleur comme à la croissance des arbres les plus gigantesques !

Salut, nourricière infatigable, qui pénètres jusqu'au fond des mers pour y répandre la vie, et te renouvelles incessamment dans tous les climats pour y entretenir la respiration des hommes et des animaux !

Salut, petite fée, dont le pouvoir magique tient suspendus au-dessus de nos têtes, d'une part les légions de poussières qui diffusent la lumière dans tous les sens, de l'autre les brouillards et les nuages destinés à verser partout le bien-être et la fécondité !

Salut, mystérieuse parcelle, qui, avec tes compagnes, couvres tous les objets solides d'une couche imperceptible, mais éminemment utile aux travaux de l'humanité !

Salut, petite artiste invisible, qui tantôt transmets à notre oreille la faible voix d'un enfant, le doux chant d'un oiseau ou le léger murmure d'une fontaine, tantôt propages au loin les sons majestueux d'une cloche, les formidables bruits du tonnerre ou les mugissements terribles de la tempête !

Salut enfin, chère et admirable particule d'air, qui, avec ton frère le grain de poussière et ta sœur la gouttelette d'eau, représentes pour nous, au point de vue matériel, un triple symbole de la bonté et de la toute-puissance du Créateur !

G. Van der Mensbrugghe,
Directeur de la Classe des Sciences
de l'Académie royale de Belgique.

BIBLIOGRAPHIE

I.

Stéréochimie. Exposé des théories de Le Bel et van 't Hoff, complétées par les travaux de MM. Fischer, Baeyer, Guye et Friedel, par Éd. Gabr. Monod, avec une préface de M. C. Friedel. — Un vol. grand in-8° de 163 pp. — Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1895.

Voici longtemps déjà que l'on parle de stéréochimie, et pourtant on n'avait guère encore songé jusqu'ici, chez les écrivains chimistes de langue française, à réunir dans un manuel doctrinal les faits qui sont à la base de cette théorie, les multiples développements qu'elle a reçus et les belles découvertes qui sont venues la corroborer. Sans doute, on possédait déjà les *Dix années dans l'histoire d'une théorie,* de M. van 't Hoff; mais depuis, bien des choses avaient été dites, bien des confirmations nouvelles étaient venues s'ajouter aux anciennes.

Tout cela se trouvait épars dans une multitude de publications françaises, allemandes, hollandaises, et celui qui voulait se rendre un compte exact des progrès de la stéréochimie était bon gré mal gré astreint à la besogne assez indigeste de parcourir nombre de comptes rendus, annales, bulletins, etc., de sociétés savantes. On conçoit qu'une étude aussi peu attrayante pour les jeunes chimistes ait eu pour effet naturel de faire de la stéréochimie la propriété presque exclusive d'un nombre plus ou moins restreint de spécialistes.

Le livre de M. Monod vient occuper une place laissée vide trop longtemps et, hâtons-nous de le dire, il l'occupe dignement.

Dans une courte introduction, l'auteur nous montre comment la stéréochimie prit naissance dans l'impossibilité où se trou-

vaient les formules chimiques planes de rendre compte de deux types bien caractérisés d'isomérie : celle des corps actifs et celle de certains dérivés éthyléniques. De là, pour la notation stéréochimique, deux *desiderata* à satisfaire : dans tous les cas où la notation ancienne suffisait à rendre compte des faits, elle devait faire prévoir exactement le même nombre d'isomères que cette notation ancienne ; au contraire, quand la notation à deux dimensions ne cadrait plus avec l'expérience, elle avait à montrer comment de fait les isomères devaient nécessairement se trouver en nombre moins considérable ou plus considérable que l'ancienne notation ne l'indiquait.

Le reste du livre est consacré à montrer comment la théorie stéréochimique a répondu à ces *desiderata,* et comment ses développements naturels successifs ont amené la découverte de nombreux isomères qu'avant elle on n'avait pas même soupçonnés.

Les remarquables travaux de Pasteur sur l'acide tartrique et les tartrates ouvrirent la voie; ils montrèrent la relation intime entre la structure des cristaux et leur pouvoir rotatoire. Jusque-là toutefois tout s'expliquait en admettant que la dissymétrie était caractéristique de la molécule cristalline; mais le fait que les dissolutions de certains corps organiques, certains liquides, certaines vapeurs mêmes possèdent aussi des pouvoirs rotatoires égaux et contraires, força les chimistes à reporter plus loin encore la dissymétrie et à en faire une propriété de la molécule chimique elle-même.

Or, et c'est là le principe fondamental de la stéréochimie, *la condition nécessaire et suffisante de l'activité d'une molécule est la présence dans cette molécule d'un atome de carbone asymétrique,* c'est-à-dire d'un atome de carbone immédiatement rivé à quatre radicaux monovalents différents. Que l'on raisonne *à priori* en considérant la molécule comme un système de forces en équilibre, ou que l'on raisonne *à posteriori* en considérant un corps où, par des moyens chimiques, on a rendu identiques deux seulement des radicaux rivés au carbone, on arrive au même résultat. Par le seul fait que les trois radicaux ne sont pas tous différents, un plan, au moins, de symétrie naît immédiatement au sein de la molécule et dès lors disparaît toute activité.

Quand on cherche à se représenter une molécule comme $C X_4$ où les radicaux fixés sur le carbone sont tous les quatre identiques, on arrive finalement, comme forme la plus simple, à se la figurer comme un tétraèdre dont les radicaux occuperaient les quatre sommets; ce tétraèdre, régulier dans le cas de la

molécule $C X_4$, deviendrait irrégulier dans le cas d'un carbone asymétrique C X Y Z V. On comprend très bien comment, dans ce tétraèdre, l'identité de deux des radicaux doit faire naître un plan de symétrie passant par l'arête qui joint les deux radicaux différents et coupant en son milieu celle qui joint les deux radicaux identiques.

L'auteur applique ensuite ces considérations à quelques corps de la série grasse et montre comment l'acide lactique, l'acide malique, l'asparagine, l'acide aspartique doivent nécessairement être actifs, alors que l'acide succinique doit être inactif; toutes choses que l'expérience vérifie en tous points.

Deux exceptions sont toutefois possibles : la première a lieu quand les sommets libres sont tous dans un même plan; c'est le cas, par exemple, dans les dérivés éthyléniques, pour les quatre sommets non employés à la liaison double des deux carbones asymétriques; il est alors bien évident que ce plan même doit constituer pour la molécule un plan de symétrie et que par conséquent l'activité doit disparaître.

La seconde se présentera quand le dernier radical, ajouté à un carbone asymétrique, est constitué par un groupement identique par sa composition et la disposition de ses éléments au groupement qu'il complète; dans ce cas, le corps reste actif si les actions des groupements identiques sont de même sens; il devient inactif si elles sont de sens contraire.

Mais la possibilité de dire *à priori* si le corps considéré sera ou non actif, n'est pas le seul avantage de la représentation tétraédrique de la molécule à noyau de carbone; elle va nous permettre encore de déterminer, dans la plupart des cas, si un composé donné a ou n'a pas de stéréo-isomères.

On sait que tout tétraèdre qui n'admet pour lui-même aucun plan de symétrie peut avoir un symétrique par rapport à un plan quelconque, et un seul, lequel ne lui sera pas superposable. Or, un carbone asymétrique réalise ce tétraèdre. Il s'ensuivra donc que tout corps dont la molécule contient un carbone asymétrique pourra exister sous deux formes stéréo-isomériques, et deux seulement, ayant un pouvoir rotatoire égal, mais l'une dextrogyre, l'autre lévogyre. Si le corps est susceptible de cristallisation, la dissymétrie propre à chacun des cristaux, aussi bien que la symétrie de l'un par rapport à l'autre, pourra se manifester dans la forme extérieure : tous deux pourront être actifs et énantiomorphes, c'est-à-dire que le premier sera au second ce que serait ce premier cristal à son image dans un miroir

plan (pourquoi M. Monod n'a-t-il pas développé un peu cette comparaison si facile à saisir pour les commençants, et qu'il insinue à peine par les mots *images symétriques?)*; l'un sera hémièdre à droite, l'autre hémièdre à gauche. C'est ainsi qu'on connaît deux acides maliques actifs (le troisième n'est que la combinaison à parties égales des deux premiers, dans lesquels il peut du reste être dédoublé), et deux acides aspartiques actifs.

Mais que l'on vienne, dans ces molécules à carbone asymétrique, à remplacer par substitution l'un des quatre radicaux par un radical identique à un des trois restants, aussitôt naît dans chacune d'elles un plan de symétrie, elles deviennent superposables, et l'activité, aussi bien que la stéréo-isomérie, disparaît ; c'est ainsi qu'on ne connaît qu'un seul acide succinique et qu'il est inactif.

Quant à savoir laquelle des deux formules stéréochimiques obtenues pour les deux isomères correspond au corps droit, et laquelle correspond au corps gauche, c'est un problème dont la solution n'a pas encore été donnée jusqu'à présent pour les composés à un seul carbone asymétrique.

Telle est, en résumé, la marche du premier chapitre. Dans les chapitres suivants, l'auteur fait l'application des mêmes principes à des corps de formules de plus en plus complexes : il indique les résultats auxquels conduit la théorie et montre combien ils concordent avec ceux que fournit l'expérience.

C'est ainsi qu'on a successivement :

Chaînes ouvertes.

Liaison simple du carbone. (Cette liaison est mobile, c'est-à-dire que les deux tétraèdres représentant les carbones centraux avec leurs radicaux, si nous les supposons pour un moment réguliers, peuvent pivoter autour de l'axe commun de figure passant par le point d'attache.)

Composés à deux carbones :

Si un seul carbone est asymétrique, deux stéréo-isomères ;

Si les deux carbones sont asymétriques, quatre stéréo-isomères (tétroses de Fischer). — Réduction à trois, dont l'un inactif indédoublable, dans le cas où les deux carbones asymétriques deviennent identiques (acides tartriques).

Composés à trois carbones :

Si un seul est asymétrique, qu'il soit extrême ou médian, deux stéréo-isomères :

Si les deux carbones extrêmes sont asymétriques, quatre sté-

réo-isomères, avec réduction à trois (acides diméthylglutariques) dans le cas indiqué ci-dessus ;

Si deux carbones, l'un extrême, l'autre médian, sont asymétriques, quatre stéréo-isomères ;

Si les trois carbones sont asymétriques, huit stéréo-isomères (pentoses de Fischer). — Réduction à quatre, dont deux inactifs indédoublables, si les deux carbones extrêmes deviennent identiques (acides trioxyglutariques), à trois si un carbone extrême et le médian deviennent identiques.

Composés à quatre carbones :

S'il y a un, deux, trois carbones asymétriques, on aura comme ci-dessus deux, quatre, huit stéréo-isomères, avec les mêmes réductions dans les cas particuliers ;

S'il y a quatre carbones asymétriques, seize stéréo-isomères (hexoses, dont dix ont déjà été obtenues par Fischer). — Réduction à dix, dont deux inactifs indédoublables, dans le cas où, par groupes de deux, les deux carbones extrêmes et les deux carbones médians deviennent identiques. (Les seizes hexoses doivent ainsi donner dix acides qui tous les dix ont été trouvés.)

Liaison double du carbone.

S'il y a deux carbones à liaison double, deux isomères, mais la molécule admettant un plan de symétrie devient inactive. — L'auteur montre ensuite comment de tels corps peuvent facilement se transformer en composés à liaison simple ;

S'il y a plusieurs carbones à liaisons doubles et à liaisons simples, isomères suivant l'ordre de la succession des liaisons doubles et des liaisons simples (acides $\Delta_{\beta'\gamma}$ et $\Delta^{\gamma.\beta}$ hydromuconiques). L'étude de ces composés conduit tout naturellement à celles des corps cycliques (1).

(1) Dans tout ce passage, M. Monod nous paraît trop affirmatif : on dirait qu'il veut à tout prix dériver les composés cycliques des composés à chaîne ouverte et à liaisons simples ; nous nous défions fort de la place laissée vide par la chaîne de cinq carbones et juste de la dimension voulue pour être occupée par un sixième carbone qui fermerait en même temps la chaîne. La direction suivant laquelle s'exerce l'attraction entre deux tétraèdres réguliers unis par un sommet semble être, comme le dit plus loin M. Monod, celle de la droite qui joint les centres de gravité en passant par les sommets en contact ; dès lors l'angle des deux arêtes de deux carbones consécutifs est égal 109° 28′ 16″,4 valeur beaucoup plus rapprochée de l'angle du pentagone régulier 108°, que de celui de l'hexagone régulier 120°. La tendance serait donc bien plutôt vers une chaîne formée de cinq carbones que de six. De plus, si l'on peut mesurer les angles faits par les faces de deux tétraèdres consécutifs, dans le cas où ces tétraèdres

Liaison triple du carbone.

Composés évidemment inactifs, puisque la molécule admet au moins un plan de symétrie ; pas de stéréo-isomères, les symétriques étant superposables.

Chaînes fermées.

Composés à trois carbones (liaisons simples, six sommets libres) :

S'il n'y a pas de carbone asymétrique, c'est-à-dire si les radicaux fixés sur les sommets libres sont séparément égaux deux à deux dans chacun des carbones de la chaîne, on peut trouver un plan de symétrie (c'est le plan des liaisons simples), et par conséquent il n'y a ni isomères, ni activité dans la molécule : il en serait de même si tous les radicaux étaient égaux entre eux ;

S'il y a un carbone asymétrique, deux isomères actifs ;

S'il y a deux carbones asymétriques, quatre isomères actifs ; avec réduction à trois, dont l'un inactif indédoublable, si les deux carbones asymétriques sont identiques entre eux (acides triméthylènedicarboniques) ;

S'il y a trois carbones asymétriques, huit isomères actifs ; avec réduction à quatre, dont deux inactifs indédoublables, dans le cas où deux des carbones sont identiques (acides phényltriméthylènedicarboniques), et à deux inactifs indédoublables, dans le cas où les trois carbones sont identiques (les deux triméthyltriméthylènes).

Composés à six carbones :

La notation stéréochimique aussi bien que la notation plane pressent les isomères de position ; elle permet de plus de se rendre compte d'isomères nouveaux, les composés *cis*, où toutes les substitutions ont été faites d'un même côté du plan des liaisons simples, et les composés *trans*, où elles ont été faites de part et d'autre de ce plan. Nous ne parlons pas des isomères que laisse prévoir l'ancienne notation.

Six liaisons simples. On dérive de l'hexaméthylène $(CH_2)_6$ les corps de cette série. On obtient :

S'il y a un carbone asymétrique, c'est-à-dire ici, un carbone

sont réguliers, nous pensons que l'on manque de toute donnée pour les mesurer dans le cas de tétraèdres irréguliers. Aussi, loin *d'être certain que les schémas sont tels que le dessin les montre*, nous confessons humblement que nous sommes sur ce point dans la plus complète incertitude.

dont les deux sommets libres sont occupés par des radicaux différents, deux isomères, l'un *cis*, l'autre *trans* (1) ;

S'il y a deux carbones asymétriques, en général quatre stéréo-isomères actifs. — Réduction à deux inactifs dans le cas de la position *para* (acides hexahydrotéréphtaliques), à trois, dont l'un inactif indédoublable, si les carbones asymétriques sont identiques (acides 1, 2 hexahydrophtaliques). — Possibilité de composés *cis* et *trans*, si la substitution n'a porté que sur un seul des hydrogènes dans chacun des deux carbones asymétriques ;

S'il y a trois carbones asymétriques, huit isomères actifs, deux *cis* et six *trans* (hydrobromure de l'acide tétrahydrotéréphtalique) ; etc.

Liaisons doubles. Outre les isomères de position prévus par les formules planes, s'il reste dans la chaîne des carbones simplement liés et en même temps asymétriques, on pourra en général pour chacun de ces isomères trouver des formes stéréo-isomériques ; c'est ainsi qu'on obtient :

S'il y a une liaison double, deux, quatre, etc... stéréo-isomères, suivant que la molécule contient un, deux, etc,.. carbones asymétriques (camphre, Δ^4 bornéol), avec des réductions à un nombre moindre, comme ci-dessus (acide Δ^2 tétrahydrotéréphtalique) ;

S'il y a deux liaisons doubles, deux ou quatre stéréo-isomères suivant que la molécule contient un ou deux carbones asymétriques, avec réductions (éthers $\Delta^{1,5}$ et $\Delta^{2,5}$ de l'acide succinylosuccinique, limonène) ;

S'il y a trois liaisons doubles, plus de stéréo-isomères, ni d'activité optique.

Vient ensuite l'étude du benzène : l'interprétation stéréochimique de la manière d'arriver au benzène, soit en partant de

(1) Nous citons l'auteur, mais nous avouons ne pas parvenir à comprendre comment un dérivé tel que $(CH_2)_5$ CXY peut exister sous deux formes isomériques *cis* et *trans*; les deux formules stéréochimiques qu'on pourrait écrire, admettant un même plan de symétrie perpendiculaire au plan des liaisons simples, sont superposables et n'en forment par conséquent qu'une seule. Quant à l'exemple de la coniine, donné en confirmation, nous ferons remarquer que la formule stéréochimique de ce corps, à cause du groupement NH différant de tous les autres et non en position *para* avec le carbone asymétrique, n'admet pas de plan de symétrie ; dès lors on conçoit que deux stéréo-isomères inverses puissent exister ; encore ne sont-ce pas à proprement parler des composés *cis* et *trans*.

l'inosite (1) (recherches de M. Maquenne), soit en partant des acides hexahydrotéréphtaliques (recherches de M. Baeyer) ; une explication du fait en contradiction avec la notation ancienne que le benzène ne donne pas deux dérivés *ortho;* enfin l'interprétation stéréochimique de deux classes de dérivés du benzène, les hexachlorures de benzène et les acides hydromelliques.

Le livre se termine par un résumé des travaux de M. Guye sur les variations en grandeur et en signe du pouvoir rotatoire d'une molécule et sur le produit d'asymétrie. C'est peut-être la partie la plus intéressante de l'ouvrage, et l'on se prend à regretter qu'elle ne soit pas un peu plus développée (2).

On voit combien M. Monod a fait œuvre utile et sérieuse en publiant sa stéréochimie ; encore avons-nous dû, dans la crainte d'allonger indéfiniment ce compte rendu déjà trop étendu peut-être, passer sous silence plusieurs pages consacrées : à la transformation d'un isomère stéréochimique en un autre, à la position relative des groupements dans les stéréo-isomères ; au mode général de synthèse de M. Fischer pour passer d'un sucre à n carbones asymétriques aux sucres à $n + 1$ carbones correspondants, etc...

Peut-être trouvera-t-on que M. Monod a, en certains endroits, trop sacrifié au désir d'être bref et concis : trop de concision nuit parfois à la clarté, et il est tel passage de la *Stéréochimie* qui gagnerait à être développé.

Peut-être aussi reprochera-t-on à l'auteur d'être trop doctrinal et de vouloir faire admettre comme prouvée la réalité de tout ce qu'il écrit : la stéréochimie est la plus jeune des théories chimiques, et malgré ses brillants progrès, les années lui manquent encore pour qu'elle puisse réclamer comme chose due la confiance qu'on accorde à plusieurs de ses sœurs aînées. Toutefois que l'on ne se presse pas de jeter la pierre à M. Monod : il est bien des choses que beaucoup admettent sur la foi de faits moins probants, sous l'influence de confirmations moins frappantes que celles fournies par l'auteur. Au reste, il semble que M. Monod lui-même ait pressenti le danger et qu'il ait voulu s'en garder :

(1) L'auteur donne à cet endroit les schémas des neuf inosites ; nous avertissons le lecteur que plusieurs fautes d'impression ont échappé à la correction.

(2) Puisque nous sommes au chapitre des regrets, ajoutons que nous eussions voulu trouver dans le livre de M. Monod quelques mots sur la stéréochimie des composés de l'azote et sur la notion de la position favorisée, introduite depuis peu par M. Wislicenus.

c'est du moins l'impression que l'on éprouve quand on trouve en vedette, dès la seconde page de l'introduction, l'observation suivante : " Avant tout, insistons sur ce point, à savoir que la stéréochimie n'est rien autre chose qu'un système de notation commode. Jamais on n'a prétendu avoir trouvé la forme réelle, exacte, d'une molécule ; on a seulement pris, pour la représenter, un symbole nouveau ; et tout ce que l'on peut affirmer, c'est que ce symbole est plus rapproché de la réalité que l'ancien, puisqu'il est plus d'accord avec les phénomènes connus. „

Terminons par un mot de félicitation à MM. Gauthier-Villars et fils, pour la beauté de l'impression et surtout pour l'habileté avec laquelle ils ont su faire ressortir et déchiffrer à première vue des schémas aussi compliqués que plusieurs de ceux employés en stéréochimie.

FERN. GOOSSENS, S. J.

II.

LES NOUVELLES THÉORIES CHIMIQUES, par A. ÉTARD, répétiteur de chimie à l'École polytechnique. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, section du Biologiste.) — 1 vol. petit in-8° de 196 pp. — Paris, G. Masson et Gauthier-Villars et Fils.

Il y a une quinzaine d'années, la partie exclusivement théorique de la chimie se réduisait à quelques considérations générales, trop peu nombreuses pour mériter d'être publiées à part ; on les trouvait, résumées en quelques pages, en tête des traités de chimie. Mais il en a été tout autrement en ces derniers temps, et peut-être aucune branche de la science n'a pris un développement aussi rapide et aussi considérable.

La chimie physique est devenue une partie très-importante de la littérature chimique ; on a vu paraître des livres de haute valeur scientifique ; citons en particulier : *Lehrbuch der algemeinen Chemie*, de M. Ostwald ; les *Théories modernes de la Chimie*, de M. Lothar Meyer ; l'*Essai de Mécanique chimique*, de M. Berthelot ; les *Études de Dynamique chimique*, et *Dix années dans l'histoire d'une théorie*, de M. van t'Hoff ; mais surtout : *Zeitschrift für physikalische Chemie*, de MM. Ostwald et van t'Hoff.

Ces ouvrages de longue haleine, excellents pour qui veut entreprendre une étude sérieuse et approfondie des théories physico-chimiques, le sont beaucoup moins lorsqu'il s'agit seulement de rafraîchir, de préciser des souvenirs un peu vagues. Il faut pour cet usage un exposé concis tout en restant clair, sobre de détails tout en étant complet, parfaitement ordonné tout en ne brusquant pas avec trop d'intransigeance les idées de classification généralement admises; c'est ce qu'a réalisé, avec une rare perfection, M. Étard, en écrivant pour l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire *Les Nouvelles théories chimiques*.

L'auteur commence par donner les définitions, et les actions générales des corps; puis il traite en quelques pages très claires de la théorie atomique et de la théorie cinétique des gaz ; — à signaler surtout l'exposé de l'hypothèse des ions, hypothèse de date récente. Viennent ensuite : les propriétés chimiques des atomes et des molécules; les lois fondamentales des combinaisons, la saturation, la substitution, l'atomicité (1), un mot sur les classifications, la polymérisation, les radicaux, les séries homologues, l'isomérie (2), les fonctions ; les propriétés chimiques des molécules dépendant des états physiques ; état gazeux, état liquide, état solide.

A signaler les paragraphes : théorie de van der Waals, pression osmotique, abaissement des tensions de vapeur, abaissement des points de congélation ; et surtout les paragraphes : cristallographie, disposition en zones autour d'un axe, troncatures, systèmes cristallins, clivage, hémiédrie, combinaisons des formes, isomorphisme, polymorphisme, qui forment un véritable petit traité de cristallographie.

Dans une seconde partie, M. Etard s'occupe plus spécialement des relations de la chimie avec la mécanique : principe des masses, vitesse de réaction, formation et dissociation des éthers ; — avec la chaleur : chaleur spécifique, loi de Dulong et Petit, thermochimie; — avec la lumière : spectroscopie, polarisation,

(1) Nous eussions préféré voir réserver le mot " atomicité „ pour la contenance en atomes de la molécule d'un corps simple, et employer exclusivement celui de valence pour marquer la capacité de combinaison d'un atome d'nn corps donné vis-à-vis d'un atome d''hydrogène.

(2) Quelques-uns s'attendraient peut-être à trouver à cet endroit quelques mots sur les stéréo-isomères; mais la stéréo-isomérie étant une isomérie physique bien plus qu'une isomérie chimique, M. Etard a rejeté cette question à l'endroit où il examine les relations de la chimie avec l'optique.

stéréochimie; — avec l'électricité : loi de Faraday, force électromotrice de précipitation.

Comme on le voit, l'auteur a traité toutes les questions importantes de la chimie théorique. Des comparaisons originales, des applications heureusement choisies facilitent l'intelligence des théories plus abstraites.

Peut-être, attiré par l'exposition claire et facile qui distingue l'œuvre de M. Étard, aurait-on souhaité à certains endroits un peu plus de développements; mais il ne faut pas oublier que M. Étard écrit un Aide-Mémoire, et que ce genre de travail n'est pas fait pour de longues dissertations.

Tel qu'il est, le livre de M. Étard répond parfaitement à ce qu'on en attendait; à ceux qui ont déjà étudié les théories chimiques, il servira réellement d'aide-mémoire; à ceux qui entreprennent cette étude, il tiendra lieu de guide pour la lecture d'ouvrages plus développés et plus spéciaux.

FERN. GOOSSENS, S. J.

III.

LA THÉORIE ATOMIQUE ET LA THÉORIE DUALISTIQUE. *Transformation des formules. Différences essentielles entre les deux théories,* par E. LENOBLE, professeur de chimie à l'Université libre de Lille. — 1 vol. petit in-8° de VII-95 pp. — Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1896.

Le livre que vient d'écrire M. Lenoble est un de ces ouvrages auxquels doit nécessairement donner naissance l'adoption en France de la théorie et de la notation atomiques. Parmi les auteurs de traités de chimie, les uns se contentent de rééditer leurs livres en ajoutant au second plan la notation atomique; d'autres, entrant plus résolument dans ce que nous appelons la voie du progrès, relèguent au contraire au second plan la notation en équivalents; d'autres, enfin, abandonnent entièrement l'ancienne notation.

M. Lenoble a voulu faire œuvre plus générale : il s'est proposé de faire bien comprendre à la jeunesse universitaire, formée à la chimie suivant la théorie dualistique dans les études secondaires, ce qu'est cette notation atomique qu'on emploie couramment dans l'enseignement des Facultés, quels sont les traits

principaux qui la distinguent de la notation en équivalents, et comment on peut facilement traduire dans le langage des équivalentistes une équation donnée en notation atomique. Mais, en même temps, élargissant un peu le cadre de son sujet, il fournit aux partisans de la notation atomique le moyen de déchiffrer les ouvrages écrits en équivalents.

L'auteur débute par un exposé de la notation atomique, exposé fait indépendamment de toute hypothèse sur la constitution intime de la matière : conventions et définitions fondamentales, molécules, atomes, poids moléculaires, poids atomiques, détermination des poids moléculaires et des poids atomiques, méthode des densités de vapeur, analogies dans les propriétés chimiques, isomorphisme, méthode cryoscopique de Raoult, méthode des chaleurs spécifiques, — atomicité, valence.

Alors seulement vient l'hypothèse atomique; M. Lenoble montre comment elle permet d'interpréter simplement les faits d'ordre purement expérimental qui sont à la base du système de notation atomique.

A ce système, l'auteur oppose la théorie dualistique et le système des équivalents, qu'il fait suivre de quelques mots sur le système de notation particulier à M. Berthelot et à son école.

De ce double exposé il est facile de déduire, avec M. Lenoble, comment on peut transformer une formule donnée en notation atomique, en formule écrite en équivalents, et quels sont les traits principaux qui différencient les deux théories.

L'exposition est claire et précise; les détails ne sont pas omis, sans cependant être trop longuement développés; des exemples généralement simples, bien choisis, parfois très nombreux (formules de constitution), concrétisent les lois et les considérations plus abstraites.

Peut-être serions-nous tenté de reprocher à M. Lenoble de laisser voir parfois encore trop de sympathie pour l'ancienne notation; mais, certes, notre appréciation ne serait pas partagée par le public auquel il s'adresse plus spécialement.

Peut-être aussi pourrait-on contester à l'auteur certains des avantages qu'il attribue à la notation des équivalentistes, comme lui étant exclusivement propres. Sans doute, aujourd'hui, pratiquement équivalents et théorie dualistique se confondent, les partisans de cette théorie écrivant presque tous en équivalents; il n'en est pas moins vrai pourtant qu'au point de vue purement théorique, l'identification n'est pas complète; il est tel détail de la théorie dualistique dont la connexion avec la notation en

équivalents n'est pas tellement intime qu'on ne le puisse admettre sans contradiction, tout en demeurant partisan du système de notation atomique. Ce qu'on demande depuis si longtemps aux chimistes français, c'est, sans doute, par voie de conséquence, l'abandon de la théorie dualistique dans ses grandes lignes, mais c'est, avant tout et par-dessus tout, l'abandon de la notation en équivalents.

Peut-être enfin pourrait-on regretter que M. Lenoble n'ait pas fait ressortir autant qu'on eût pu le désirer tous les avantages du système des poids atomiques, surtout celui d'être, bien plus que le système des équivalents, susceptible d'une définition relativement précise et de mettre bien mieux en évidence les relations remarquables entre les propriétés physiques des corps et les rapports suivant lesquels ils se combinent. Ne l'oublions pourtant pas : c'est beaucoup déjà d'avoir eu le courage de faire, sur l'autel de la concorde, le sacrifice d'un système dont le grand mérite actuellement est d'être français. Au reste, M. Lenoble écrit d'expérience, et avant de reconnaître les avantages d'un système, il faut l'avoir longtemps pratiqué. Enfin, n'y a-t-il pas là de pures condescendances à l'esprit national, et ne faut-il pas voir la vraie pensée de l'auteur dans quelques mots de sa préface ? " Depuis quelque temps, dit-il, l'enseignement de la théorie atomique en chimie tend à se substituer partout à celui de la théorie dualistique. Cela tient à diverses causes, notamment à l'autorisation donnée par le Ministre de l'Instruction publique d'enseigner la nouvelle théorie dans les établissements d'enseignement secondaire. *Autoriser cet enseignement, c'était le conseiller ;* aussi, de tous côtés s'est-on empressé à adopter la notation atomique. „

Avec ces remarques, le livre de M. Lenoble sera, nous n'en doutons pas, aussi bien venu en Belgique que, tel qui est, il sera favorablement reçu en France. Nous lui souhaitons volontiers plein succès ; bien exposer la théorie atomique, c'est la faire accepter par qui sait se débarrasser des idées préconçues.

FERN. GOOSSENS, S. J.

IV.

L'ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE. *Cours élémentaire de manipulations de physique,* à l'usage des candidats aux écoles et au certificat des études physiques et naturelles, par AIMÉ WITZ,

docteur ès sciences, ingénieur des arts et manufactures, professeur aux Facultés catholiques de Lille. Deuxième édition, revue et augmentée. — Un vol. in-8° de IX-218 pp. — Paris, Gauthier-Villars et Fils. 1895.

Ce n'est qu'une partie de son bel ouvrage de 1883 que M. Aimé Witz offre aujourd'hui pour la seconde fois au public. Pourquoi le scinder de la sorte ? Son but, l'auteur nous le déclare lui-même, a été de rendre le livre plus maniable. La première édition était un cours de manipulations de physique préparatoire à la licence ; la partie éditée actuellement est destinée aux candidats aux Écoles. Un autre volume, répondant aux exigences de l'enseignement supérieur et contenant un cours préparatoire aux épreuves de la licence, est déjà sous presse. Ces deux volumes réunis formeront la seconde édition de l'ouvrage de 1883.

M. Witz termine sa préface par ces mots : " Nous avons surtout cherché à être utile. „ Nous croyons pouvoir dire que l'auteur a parfaitement atteint son but. Bref, clair, précis dans son exposé, l'auteur se garde bien de se charger d'un bagage inutile d'érudition. Il n'indiquera pas douze manières de faire une manipulation : il se contentera, le plus souvent, d'exposer un seul procédé excellent et toujours appliquable. N'oublions pas que le livre est un cours *pratique* de manipulations. Qu'arrive-t-il lorsqu'on enseigne à l'élève plusieurs méthodes ? Il suit tantôt l'une, tantôt l'autre, d'après le caprice ; et, ainsi, jamais il n'acquerra la dextérité que seule la répétition fréquente du même exercice lui pourrait donner.

Un mot du système d'exposition de M. Witz. Il nous paraît fort bon.

Autant que la matière le permet, chaque manipulation est divisée en quatre parties. Dans la première, l'auteur rappelle succinctement la théorie. But de l'opération, formules à employer, le tout est exposé en quelques mots, très suffisants pour ceux qui, d'ailleurs, ont suivi un cours de physique. Vient alors la description de l'instrument à employer, description accompagnée de recommandations pratiques, où se révèle l'homme rompu à tous les procédés du laboratoire. Dans une troisième partie, qui porte le titre significatif de " Manuel opératoire „, l'élève apprend la manière dont il se servira de l'instrument décrit plus haut. C'est ici surtout que le livre de M. Witz devient précieux. Précautions à prendre pour que l'opération réussisse parfaitement, manière de remédier à ce qui pourrait entraver le

fonctionnement des appareils, soins à donner aux instruments pour qu'ils ne se détériorent pas, le tout est indiqué avec cette précision dont celui-là seul est capable qui a longtemps été au contact des élèves. Enfin l'auteur termine l'article soit en indiquant quelques résultats obtenus, soit en proposant quelque exercice à faire.

Nous n'avons pas à parler de la division du livre lui-même. Elle est celle de la première édition. Qu'on n'aille pas croire cependant que M. Witz ne nous offre qu'une vulgaire transcription de quelques parties de son ouvrage de 1883. Une simple inspection de la table des matières justifierait déjà l'inscription : " Deuxième édition, revue et augmentée ".

En terminant ce rapide compte rendu, nous ne pouvons nous empêcher de formuler un vœu : c'est de voir paraître prochainement la seconde partie de l'ouvrage de M. Witz, ornée de toutes les qualités qui brillent dans la première.

A. G.

V.

Choix de fossiles caractéristiques des dépôts sédimentaires, *à l'usage des étudiants en géologie et des ingénieurs des mines*, par Julien Fraipont, professeur à la Faculté des sciences et à la Faculté technique (École spéciale des Mines) de l'Université de Liège. — 1 vol. in-12, contenant 36 planches. — Liège, Vaillant-Carmanne, 1895.

On sait les services qu'a rendus la méthode intuitive. Depuis quelques années, l'enseignement des sciences en particulier lui doit d'incalculables progrès. Grâce au nombre et au perfectionnement continuel des procédés typographiques, on est parvenu à mettre des ouvrages illustrés à portée de toutes les bourses.

Faut-il nous en féliciter complètement ? Toute médaille a son revers. Ces facilités mêmes données à l'instruction ne sont-elles pas cause d'une notable diminution dans le travail ? Nous ne sentons plus comme les étudiants d'autrefois la nécessité de ces efforts généreux, utiles tant aux caractères qu'aux esprits. Peut-être alors avait-on moins de notions, mais on les possédait à raison même des peines qu'on s'était données pour les acquérir. Actuellement on enseigne une foule de choses à l'étudiant, et trop souvent il ne lui en reste qu'une connaissance superficielle.

Quoi qu'il en soit, mieux vaut s'accommoder au courant,

tâcher d'en tirer bon parti, que de jouer le rôle de personnage grincheux et inutile, celui du *laudator temporis acti.*

Le livre qui nous occupe manquait à la littérature géologique. Il s'agissait de mettre à la disposition des étudiants et des amateurs, pour un prix modique et sous un format maniable, de bonnes reproductions des fossiles caractérisques des terrains sédimentaires. M. Julien Fraipont, professeur à l'Université de Liège, récemment nommé membre correspondant de l'Académie de Belgique, vient de répondre heureusement à ce *desideratum.*

Nous sommes heureux de saluer l'apparition du manuel, qui donnera sans doute un élan nouveau à l'étude et aux recherches paléontologiques. Le nom seul de l'auteur est une recommandation pour le livre. Il faut qu'il soit utile pour qu'un savant comme M. Fraipont n'ait pas dédaigné d'y consacrer les longues heures que réclame pareil travail.

On en jugera en parcourant les 26 planches qui portent les dessins de 260 espèces fossiles. Les figures sont nettes et exactes, le soin et la simplicité caractérisent l'exécution de tout l'ouvrage.

Il contient trois tableaux synoptiques, qui donnent respectivement la classification des dépôts sédimentaires, du règne végétal et du règne animal. Puis vient l'explication détaillée (1) des planches, et enfin les planches elles-mêmes.

La tâche du critique ne peut, hélas ! se borner à des éloges. Les réflexions aident d'aucune fois les auteurs à perfectionner leurs œuvres.

" On a souvent besoin d'un plus petit que soi ! „

Remarquons d'abord, pour la disposition générale de l'ouvrage, qu'elle serait bien plus pratique si chaque planche avait son texte en regard, quitte à mettre une table, voire même un index alphabétique à la fin.

A propos du texte, il nous semble que certaines planches auraient pu recevoir un en-tête plus logique. Ainsi les planches XVII et XXI portent : *Céphalopodes,* tandis que XVIII, XIX et XX, les trois intermédiaires, portent : *Ammonites.* Les Ammonites ne sont-elles pas des Céphalopodes ? Plus d'un étudiant pourrait se le demander. Le même doute lui viendra pour les *Brachiopodes* (XXII), suivis des *Spirifères* (XXIII), des *Productus* (XXIV), des *Rhynchonelles* et *Térébratules* (XXV). Ce sont des cas où un sous-titre semble s'imposer.

(1) Il y a des figures oubliées dans l'explication aux pl. I, XVII et XXVI.

Pour les observations de détail, on nous permettra de nous en tenir surtout à la partie végétale, qui nous est plus familière. Nous y rencontrerons d'ailleurs la plupart des imperfections à signaler.

Les plantes reproduites commencent avec le houiller et finissent avec le trias. Est-ce didactique ? Nous voulons bien que le houiller ait droit à une place d'honneur; mais encore ne peut-il pas avoir l'air de réclamer la part du lion. L'*Oldhamia*, le *Glossopteris*, le *Liquidambar*, le *Sabal*, etc. etc., auraient heureusement rappelé les différentes époques que ces plantes caractérisent.

En voulant se restreindre, on risque parfois de fausser quelque peu certaines notions.

Le houiller occupe trois planches, qui ne contiennent pas une *Cordaïtes*, pas une *Stigmaria* ! La valeur stratigraphique de ces végétaux est cependant au moins aussi grande que celle du *Mariopteris* (?) qui ne porte pas de nom (pl. I, fig. 7 et 8).

Au point de vue géologique, l'examen du manuel peut donc faire croire à l'étudiant qu'il n'y a de végétaux fossiles que du milieu de l'ère primaire jusqu'au début de la secondaire. Au point de vue paléontologique, il sera tenté de croire que les époques géologiques ne connurent ni les végétaux inférieurs ni les phanérogames.

N'aurait-il pas mieux valu de donner une seule planche de houiller et d'accorder droit de cité aux autres époques ?

Malheureusement aussi la qualité ne rachète pas entièrement la quantité. Il nous reste à relever plusieurs erreurs de détail.

La nomenclature a ses règles, qu'il ne faut pas méconnaître, au risque de ne se faire comprendre qu'à demi.

Pl. I, fig. 1. *Alethopteris lonchitica* (non Sch.), Schloth. sp.
Fig. 2. *Nevropteris* (non *Cyclopteris*) *flexuosa* (non Brongt.), Sternb.
Pl. II, fig. 4. *Asterophyllites equisetiformis* (non Brongt.), Schloth. sp.
Fig. 5. *Annularia sphenophylloïdes*, Zenk. sp.
Fig. 6. *Sphenophyllum* (non *Schlotheimi*) *emarginatum*, Brongt.
Pl. III, fig. 5. *Lepidodendron* (non *Sternbergi*, Brongt.) *aculeatum*, Sternb.
Fig. 6. *Lepidodendron* (non *elegans*, Brongt.) *lycopodioïdes*, Sternb.

Quant à la fidélité des reproductions, elle n'est pas absolument irréprochable.

Pl. I. Si la fig. 2 rappelle assez bien le *Nevropteris flexuosa*, la fig. 3 répond plutôt au *N. gigantea*, Sternb. Des deux fig. 5 et 6, il n'y a que la dernière qui corresponde au *Sphenopteris obtusiloba*, Brongt.

Pl. II. Il est vrai que les dents arrondies caractérisent le *Sphenophyllum emarginatum*, Brongt., mais encore faut-il que l'arrondissement ne les lui enlève pas. De plus, est-il plausible de considérer cette plante comme appartenant aux Calamariées ?

Pl. III. Une erreur assez explicable a fait donner le nom de la fig. 2 à la fig. 3, et réciproquement. Nous ne pensons pas que la cicatrice foliaire du *Sigillaria tessellata*, Brongt. puisse se réduire à une trace circulaire (1).

La dernière figure doit représenter le *Lepidodendron lycopodioïdes*, Sternb., mais plusieurs détails font songer au *L. ophiurus*, Brongt. sp.

Les spécimens de reconstitution que portent les premières planches font désirer quelque indication sur les rapports de grandeur qui existent entre les diverses figures et la réalité. Ce renseignement serait même utile en général ; ainsi pl. XVI, la fig. 10 représente la *Natica patula*, Lam., et la fig. 11 la *Rostellaria macroptera*, Lam. ; ne dirait-on pas que ces deux coquilles sont de même taille ? Il y a là de quoi dérouter l'étudiant.

Si nous signalons ces imperfections, c'est que nous voudrions trouver dans la prochaine édition une œuvre parfaite. D'ailleurs, malgré ses quelques taches, le livre de M. Fraipont ne laissera pas d'être dès à présent d'une grande utilité.

G. Schmitz, S. J.

VI.

Essai de paléogéographie. Restauration des contours des mers anciennes en France et dans les pays voisins, par F. Canu, membre de la Société géologique de France. — 1 vol. grand in-8°, avec atlas comptant 57 planches. — Paris, Deyrolle. 1895.

La préface de ce livre renchérit encore en modestie sur le titre. Voyons plutôt : " Le texte est une ébauche. L'atlas est un

(1) Von Zittel, *Traité de paléontologie végétale*, fig. 145 et 146.

essai. Il ne faut pas l'oublier. Dans les circonstances présentes, nous ne pouvions mieux. Nous n'avons eu ni guide, ni modèle. Nous n'avons aucune prétention. „

Nous ne pouvons que féliciter l'auteur d'avoir envisagé son œuvre sous un jour aussi vrai. Seulement, et ce sera notre conclusion, nous inclinons à croire qu'il aurait mieux valu attendre encore et laisser mûrir davantage le projet d'étude.

Tout notre regret sera de ne pouvoir pas prodiguer les éloges à l'auteur. Il y en a un, cependant, qu'il mérite, et que nous nous empressons de lui adresser. L'ouvrage témoigne de beaucoup de travail et de nombreuses recherches. Il faut aussi un courage assez désintéressé pour hasarder un premier pas dans une branche nouvelle de la science, surtout quand ce pas est en même temps une entrée dans le monde ; car les travaux de M. Canu n'ont pas encore de notoriété en géologie.

La première remarque tombera sur la forme même dont l'auteur a fait choix pour la rédaction. Ce sont tous petits alinéas, composés de phrases courtes et peu liées entre elles. Autant de phrases, autant de sentences. L'écrivain s'expose ainsi à rester facilement incompris et à lasser vite le lecteur.

Comme exemple, citons les *Principes météorologiques* (p. 29, n°s 148 à 150) :

" 148. — Au-dessus d'une moyenne annuelle de 15° (jamais de neige en hiver), les isothermes se relèvent vers le pôle dans l'axe des continents, et s'abaissent vers l'équateur dans la traversée (?) des océans.

„ 149. — Au-dessous d'une moyenne annuelle de 15° (neige en hiver), les isothermes se relèvent vers le pôle dans l'axe des océans et s'abaissent vers l'équateur dans l'axe des continents.

„ 150. — Un massif de haut relief agit comme réfrigérant. Dans son voisinage, les isothermes s'infléchissent vers l'équateur.„

Ajoutons à cela l'emploi de locutions d'usage peu courant et manquant d'explication. Ainsi que veut dire : " Tout rivage en *in* forme une courbe bathymétrique de la mer en *on* précédente?„ (P. 30, n° 153.)

L'ouvrage contient un grand nombre de tableaux qui pourraient être précieux. Mais la rédaction trop briève et le mécanisme difficile en rendent l'étude pénible.

Il est fort regrettable que M. Canu affectionne tant le style haché. L'usage en est si continuel qu'involontairement — pardon pour la comparaison — on croit avoir sous les yeux un recueil de rébus.

Sans doute, beaucoup de notions très intéressantes se trouvent éparses dans le volume, mais le courage manque pour les chercher. Pourquoi n'avoir pas donné deux et trois fois plus d'extension à l'ouvrage ? Il y aurait au moins possibilité de s'approprier nettement les idées et de les discuter au besoin.

Nous n'en sommes pas encore en science à admettre tout sous bénéfice d'inventaire. Aussi, dans une pareille œuvre, qui suppose une vaste compilation, faudrait-il à chaque pas des références précises.

L'examen détaillé de l'*Essai* dépasse le cadre d'une analyse. Il faudrait plus de pages que n'en compte le livre et au moins autant de labeur qu'il en a exigé.

Touchons un point qui, selon nous, est capital. L'auteur fait abstraction entière des phénomènes éruptifs, de quelque période qu'ils soient, et avoue son " ignorance „ touchant l'époque primaire.

Ce fondement était cependant indispensable. L'auteur ne peut même pas, à notre avis, présenter son travail comme " une base „ pour ses successeurs. L'édifice scientifique, pas plus que les autres, ne se bâtit en commençant par le sommet.

Le point de départ devait être le début de l'ère primaire. Les études micrographiques ont daté de ce moment plusieurs actions volcaniques. Ces indices combinés avec ceux des sédiments des premiers âges, voilà la base du travail.

Si la science n'était pas assez avancée pour fournir cette base à l'heure présente, il ne restait qu'à aider généreusement à son progrès. Avant d'en être arrivé là, il était chanceux de commencer.

A défaut de ce fondement, M. Canu est parti, pour le tracé de ses cartes, de ce qu'il appelle le *principe des affleurements extrêmes :* " Tout contour paléogéographique dérive de la ligne des affleurements extrêmes. „ (P. 29, n° 151.)

Ce principe semble tenir peu compte des mouvements postérieurs au dépôt et surtout de l'œuvre gigantesque des érosions. Suivre un guide pareil, c'est grandement s'exposer à fausser compagnie à la réalité.

L'auteur a d'ailleurs pressenti le danger : il l'a même vu, mais sans se défendre assez de son atteinte.

" Les cartes géologiques, dit-il, sont actuellement (?) très précieuses en paléogéographie. La limite extrême des affleurements est souvent prise comme contour définitif. *Ce n'est ni rigoureux ni exact, mais elle constitue une base certaine et absolue.* Il est toujours facile (?) de la modifier selon les données

de l'observation. Les contours définitifs peuvent alors être *très différents.* „ (P. 29, § 18.)

Une idée heureuse se trouve exprimée sous la rubrique : *Notations* (p. 66, §. 137). Ne serait-il pas désirable que les ouvrages de géologie, les cartes surtout, préparassent les synthèses paléogéographiques ? Il faudrait à cet effet signaler dans les descriptions des sédiments s'ils dénotent une formation marine ou fluviatile, lagunaire ou d'eau profonde. Ces points acquis à la science pourraient fort heureusement être marqués sur les cartes géologiques ; un petit indice y suffirait :

mc. . . . marin côtier
mp. . . . marin pélagique
l. . . . lacustre
fl. . . . fluvio-lacustre, etc.

Nous félicitons encore une fois M. Canu de s'être imposé un si grand labeur pour produire une nouvelle œuvre scientifique. Mais nous regrettons vivement qu'une précipitation trop grande, mise à réaliser son travail, ne nous permette pas de lui donner tous les éloges que nous désirerions.

G. S., S. J.

VII.

Flora of the outlying Carboniferous Basins of Southwestern Missouri, by David White. *Bulletin of the United States Geological Survey,* n° 98. — 1 vol. in-8°, 139 pp. et 5 planches. — Washington, Government Printing Office.

Il n'y a pas en Amérique que les grands bassins houillers de l'Est. Au delà du Mississipi, on en compte plusieurs. Si l'on en parle moins, c'est qu'ils ne se raccordent pas entre eux pour former un vaste centre industriel.

Dans le n° 98 du Bulletin de la Commission géologique des États-Unis, M. David White décrit la flore houillère de la région sud-ouest du Missouri.

L'auteur signale au début de ce travail les intérêts divers qui se rattachent à son étude.

Elle aide à déterminer l'âge de formation des minerais de zinc

et de plomb en rapport de gisement avec le houiller. Car il n'est guère douteux que le dépôt de ce dernier ne leur soit antérieur.

La flore fixe l'époque où se serait effectuée la sédimentation houillère, au *Lower-Coal-Measures* des géologues américains, ce qui correspond aux étages supérieurs de notre Westphalien.

Les Fougères, et parmi elles les Névroptéridées, abondent surtout. Il faut signaler en outre des Cordaïtées et quelques Calamariées. Mais ce qui est remarquable, c'est l'absence presque totale des Lycopodinées.

Cet ensemble de végétaux et leur état de conservation, joints aux conditions d'altitude du gisement, engagent l'auteur à y voir les témoins d'un régime plutôt continental; opinion qui s'affermit en comparant cette flore avec celle des bassins, sans doute plus marécageux, du Kansas ou du nord du Missouri.

M. White a doté la paléontologie de quatre espèces nouvelles : *Sphenopteris Lacoei*, *Pecopteris (Asterotheca) Lesquereuxi*, *Nevropteris Jenneyi* et *N. caudata*. Espérons que ces espèces sont créées d'après des documents suffisants, car le meilleur de nos efforts doit tendre à simplifier la nomenclature. En tout cas, le doute ne peut exister pour le *N. caudata*, singulière espèce où le limbe de chaque pinnule prend à la base une expansion pointue.

En finissant, nous croyons bon de remarquer que les raisons pour lesquelles l'auteur rattache les *Sphenophyllum* aux Calamariées ne sont pas très convaincantes. Une question aussi discutée et aussi discutable ne peut être tranchée que par des preuves évidentes.

G. Schmitz, S. J.

VIII.

Ethnology. In two parts: I. Fondamental Ethnical Problems. II. The Primary Ethnical Groups, by A. H. Keane, F. R. G. S., late Vice-Pres. Anthrop. Institute, Corres. Member Italian and Washington Anthrop. Societies; late Professor of Hindustani, University Coll. London. — Cambridge, at the University Press, 1896. — 1 vol. in.12°, pp. xxvi-442, avec nombreuses illustrations dans le texte.

L'étude des populations si diverses qui habitent la terre a fait en ce siècle d'immenses progrès. Alors qu'il y a cent ans, bon

nombre de peuples, de races et de nations étaient totalement inconnus, même de nom, il ne reste aujourd'hui, croyons-nous, guère de tribu, si mince soit-elle, à découvrir. Non seulement ces recherches ont porté sur les peuples actuellement existants, mais on a fait revivre les races éteintes, les nationalités disparues, et l'enquête ethnographique s'est étendue jusqu'à ces premiers hommes dont il reste dans nos musées à peine quelques ossements épars.

Les éléments ne faisaient donc pas défaut pour écrire un traité complet et systématique d'ethnologie, et pour cette science, comme pour bien d'autres, on peut redire, avec M. Keane, le mot de M. de Lapparent : " L'heure des grandes synthèses a déjà sonné ".

Ce n'est pas à dire que ceux qui désiraient s'initier aux intéressants problèmes de l'ethnographie fussent complètement dépourvus de guides sur ce terrain relativement nouveau de la science. Les noms de Prichard, Latham, Tylor, John Lubbock, Boyd Dawkins et Brinton en Angleterre, ceux de Virchow, Bastian, Waitz, Kollmann en Allemagne, les travaux de Broca, Topinard, de Quatrefages et Hamy en France, sans compter ceux de plusieurs savants suédois et italiens comme Retzius, Worsaae, Montelius, Montegazza, Giglioli et Sergi, sont intimement liés aux progrès des études ethnologiques de ces derniers temps. Néanmoins, on se sentait encore embarrassé de répondre quand on demandait quel était le meilleur manuel d'ethnographie.

Et maintenant? Signalerons-nous avec pareille recommandation l'ouvrage de M. Keane? Ce serait peut-être lui accorder plus qu'il n'ambitionne lui-même. En tout cas, son livre est destiné, nous en avons la conviction intime après l'avoir lu, à rendre de grands services aux ethnologues. La forme en est nette, très didactique, les théories franchement accentuées. M. Keane estime, et nous approuvons cette attitude, que dans un ouvrage appelé comme le sien à guider les débutants dans une science nouvelle pour eux, il faut enseigner une doctrine et ne pas se contenter d'exposer une série d'opinions souvent contradictoires. Voilà pourquoi, sur la plupart des questions, M. Keane a pris franchement position. Presque toujours, nous tenons à le constater, sauf en certains cas peu nombreux du reste que nous relèverons, cette position est celle que la science la plus informée justifie, la seule même que celle-ci puisse revendiquer.

Mais nous ne pouvons pas nous contenter de ces appréciations générales, il faut pénétrer plus avant dans l'analyse de l'œuvre de M. Keane.

Le traité d'ethnologie de M. Keane est divisé en deux parties nettement distinctes, dont la première, intitulée *Fondamental Problems,* ressortit plutôt à l'anthropologie. La deuxième, *The Primary Ethnical Groups,* répond plus directement à l'objet propre de l'ouvrage. C'est aussi sur cette partie que nous insisterons davantage. Toutefois nous ne pouvons pas négliger la première, d'autant plus que là surtout il nous paraît nécessaire de formuler certaines réserves.

Dans le premier chapitre, l'auteur définit les principaux termes du vocabulaire ethnographique. Nous avons couru avec empressement à la page qui s'occupe du mot *race,* comptant bien trouver enfin une notion exacte de ce terme demeuré jusqu'à présent si élastique sous la plume des ethnographes. Vain espoir! M. Keane constate, une fois de plus, le caractère relatif de cette expression, mais il semble avoir renoncé à la préciser lui-même.

Les deux chapitres suivants sont consacrés à l'évolution physique et mentale de l'homme. Sur le premier point, les vues de M. Keane sont intéressantes à signaler. Après avoir nettement marqué les différences considérables qui, au point de vue physique, séparent l'homme du singe, il conclut en ces termes : " Il n'est pas possible de faire dériver en droite ligne l'homme d'un des singes anthropoïdes actuellement existants (1). „ N'allez pas croire pourtant que M. Keane va conclure à la création de l'homme. Malgré l'impossibilité franchement avouée de la science de tracer actuellement la généalogie de la race humaine, il n'en fait pas moins appel à l'évolution pour expliquer son apparition sur la terre. La théorie de la création, qu'il traite assez dédaigneusement de dogmatisme sans critique, et dont il regrette la trop longue usurpation, lui paraît de tous point inadéquate. Elle est à ses yeux impuissante à rendre compte du fait des organes rudimentaires et de la diversité si grande qui se manifeste dans les nombreux types humains. Il rappelle à ce sujet le mot d'Huxley, qui déclare l'abîme entre l'homme civilisé et le sauvage plus infranchissable que celui qui sépare le sauvage des singes les plus élevés (2). Nous ne saurions nous rallier à cette manière de voir. En ce qui concerne le dernier point, M. Keane

(1) " Faire dériver „ est dans le texte anglais " *ascend* „, et en note M. Keane fait remarquer qu'il écrit à dessein *ascend* et non *descend,* rappelant à ce propos, trop gravement nous paraît-il, la boutade célèbre de Broca : " J'aimerais mieux être un singe perfectionné qu'un Adam dégénéré „.

(2) *Man's Place in Nature,* p. 78.

nous semble exagérer considérablement la portée des divergences constatées entre les diverses races humaines, et nous ne voyons pas trop comment il pourrait échapper au reproche de contradiction avec lui-même, puisque plus loin (1) il conclut, avec Blumenbach, en faveur du monogénisme, et qu'il fait sienne la remarque de cet anthropologiste quand il dit qu'il est à peine possible de définir les limites des diverses populations du globe, quand on les compare les unes avec les autres. Sans doute, du Nègre au Blanc, il y a une divergence sensible, mais on passe de l'un à l'autre par des intermédiaires difficiles à distinguer entre eux. Quant à la question des organes rudimentaires, si l'on n'en a point encore fourni d'explication absolument satisfaisante, on ne voit pas non plus d'autre part qu'elle oppose une irréductible objection au dogme de la création.

Toutefois M. Keane ne rejette que la création de l'homme ; il est de l'école de Lamarck qui, tout en reconnaissant que " rien n'existe que par la volonté du Sublime Auteur de toutes choses ", incline à penser que Dieu " a pu créer un ordre de choses qui donnât successivement l'existence à tout ce que nous voyons comme à tout ce qui existe et que nous ne connaissons pas ". De plus, M. Keane avoue qu'aucune découverte scientifique n'a, jusqu'à ce jour, révélé le véritable précurseur de l'homme, marquant le passage précis de l'espèce simienne à l'espèce humaine.

M. Keane assigne à l'apparition de l'homme sur la terre une date très reculée, 500 000 ans environ, puisqu'il place cette apparition entre les deux périodes glaciaires. Ces évaluations, dont la base manque absolument de contrôle, nous laissent bien sceptique.

Dans les chapitres v et vi, nous avons un catalogue fort complet des races humaines aux époques paléolithique et néolithique. Avec une rare patience, M. Keane a relevé tous les vestiges qui nous restent de ces races disparues.

Nous recommandons vivement la lecture attentive et l'étude du chapitre viii, qui s'occupe de l'unité spécifique des races humaines. M. Keane prend carrément parti pour le monogénisme ; il réfute vigoureusement les adversaires de cette doctrine et faire valoir solidement les preuves qui militent en faveur de l'unité de la race humaine.

Néanmoins, il n'est pas aisé d'établir une classification ethnologique. Quel en sera le critère ? La couleur, la forme des cheveux, la structure crânienne, l'indice céphalique, le gnathisme,

(1) Pp. 160, 161.

l'indice facial, la dentition, l'indice nasal, le facies, la taille, le langage, les conditions sociales, la religion? Assurément, à tous ces points de vues, les races et les peuples diffèrent, mais il ne semble pas possible de prendre un seul de ces critères comme caractère de race. M. Keane examine l'un après l'autre ces divers critères, il en précise la valeur et l'influence avec grande sagacité, et ce chapitre encore est un des meilleurs du livre.

Toutefois M. Keane, faute de mieux, s'en tient à la division de l'humanité en quatre groupes principaux, l'*Homo Aethiopicus, Mongolicus, Caucasicus*. Avant d'aborder l'étude détaillée de chacun de ces groupes, il esquisse quelques considérations générales sur les centres d'évolution de ces groupes, leur distribution géographique, leurs caractères physiques et intellectuels.

Au sujet du premier berceau de l'humanité, M. Keane émet une opinion curieuse, en tous cas nouvelle. Pour lui, l'homme aurait vu le jour dans la région indo-australe, aujourd'hui submergée par l'océan Indien. Il ne se contente pas d'énoncer cette opinion, il essaie de la démontrer, et voici les principales preuves qu'il apporte. La région indo-australe est le pays d'origine des lémuriens, et nous avons vu plus haut que M. Keane ne démord par de la descendance — pardon, de l'ascendance — simienne de l'homme. Seconde preuve : c'est en Afrique et en Australie que se retrouvent le plus fréquemment les traits que Quatrefages attribuait à l'homme primitif, comme quand il écrivait: " On est conduit à admettre comme probable que nos premiers ancêtres avaient la chevelure tirant sur la teinte rousse plus ou moins rougeâtre. Le pigment cutané, qui donne aux individus et aux races leur couleur caractéristique, examiné au microscope, présente toujours quelque chose de plus ou moins jaune (1). " Ces arguments, faut-il le dire, ne nous paraissent pas convaincants. En particulier, pour ce qui concerne le dernier, Quatrefages en avait inféré que le berceau de l'humanité primitive fut l'Asie centrale.

La suite de l'ouvrage de M. Keane, où il examine successivement l'ethnologie des quatre grandes races humaines dont nous avons parlé, se prête plus difficilement à l'analyse. Nous nous contenterons de signaler quelques points. En ce qui concerne l'*Homo Aethiopicus*, l'auteur reproduit fidèlement les opinions courantes sur les Bantous, les Pygmées d'Afrique et d'Océanie, les Polynésiens, les Australiens. Pour ces derniers cependant, il

(1) *Introduction à l'étude des races humaines*, p. 156.

nous semble qu'avant de conclure aussi aisément que le fait M. Keane à l'existence de plusieurs races en Australie, il aurait dû tenir compte des recherches de M. Hamy qui conclut à l'unité ethnique des populations australiennes (1).

Dans le chapitre consacré à l'*Homo Mongolicus*, on remarquera sans doute la place faite dans le groupe aux Malais et aux Malgaches. C'est, croyons-nous, la première fois que les Malais sont rattachés à la race mongolique. Du reste, M. Keane apporte à la démonstration de cette théorie des observations très suggestives, sinon pleinement convaincantes.

L'*Homo Americanus* est aussi un type spécial d'un ancêtre mongol, mais cette spécialisation s'est opérée dès l'époque paléolithique et néolithique. Aussi le type américain est-il assez uniforme. Au contraire, leurs langues, malgré un caractère polysynthétique commun, sont extrêmement nombreuses. Comment l'Amérique a-t-elle été peuplée ? Cette question est la plus intéressante de toutes celles que soulève le nouveau monde au milieu de tant d'autres mystères. M. Keane admet un double courant d'immigration : le premier, à l'époque paléolithique, est arrivé d'Europe ; le second, pendant la période néolithique, est arrivé d'Asie. Les Botocudos, les Patagoniens et les Yahgans de la Terre de Feu au sud, les Esquimaux au nord représentent aujourd'hui la première couche des populations américaines, celle qui, d'après M. Keane, se serait déposée aux âges paléolithiques.

Dans le groupe caucasique, M. Keane place la race préhistorique de Cro-Magnon, les Basques, les Ibéro-Berbères, les Égyptiens, les Sémites et les Aryas. C'est au nord de l'Afrique, qui devait, à l'époque de la pierre, être réunie à l'Europe, que M. Keane place le berceau de l'*Homo Caucasicus*. Il faut bien avouer que, surtout en ce qui concerne les Sémites, cette thèse n'est pas universellement admise, et que leur origine asiatique semble même plus vraisemblable.

Comme on le pense bien, M. Keane consacre une grande partie du chapitre intitulé *Homo Caucasicus* à la question aryenne. Il la pose très nettement et la dégage habilement des confusions dont elle a été longtemps la victime. Après avoir exposé, surtout d'après M. Schrader (2), la thèse de l'origine européenne des Aryas, il croit pouvoir concilier toutes les données fournies par leur histoire primitive en les faisant originaires de la région

(1) Revue d'ethnographie, 1885.
(2) Voir Revue des questions scientifiques, t. XV, pp. 284 et suiv.

connue aujourd'hui sous le nom de gouvernement d'Orenbourg. Sans chercher à esquisser le vrai portrait de l'Arya primitif, problème qu'il regarde comme insoluble, M. Keane croit pourtant qu'ils formaient une population à cheveux blonds et à crâne dolichocéphale.

L'ouvrage de M. Keane se termine par une note sur les Dravidiens de l'Inde et les Ainos du Japon. Il est malaisé de définir le caractère ethnique des Dravidiens. Ce ne sont ni des Noirs ni des Mongols ; toutefois, parmi eux, les Todas des monts Nilghéri, quoique Dravidiens par la langue, doivent être rattachés par leurs caractères physiques à la race caucasique. Il en est de même des Ainos.

L'index très développé, qui se trouve à la fin du livre de M. Keane, en fera un manuel commode que l'on consultera souvent et avec fruit. Ajoutons que l'exécution matérielle de l'ouvrage fait le plus grand honneur aux presses de l'Université de Cambridge. Les illustrations sont choisies avec un rare discernement et la reproduction est des plus soignées.

J. Van den Gheyn, S. J.

IX.

Science catholique et savants catholiques, par le R. P. Zahm, C. S. C., traduit de l'anglais par l'abbé J. Flageolet, du diocèse d'Autun. — Un vol. in-12 de 316 pp. — 1895, Paris, Lethielleux.

Bible, science et foi, par le R. P. Zahm, C. S. C., traduit de l'anglais par le même. — Un vol. in-12 de 335 pp. — 1896, Paris, Lethielleux.

Le nom du R. P. Zahm est bien connu des lecteurs de ce recueil. Il n'ont pas oublié son remarquable mémoire sur la *Nécessité de développer les études scientifiques dans les séminaires ecclésiastiques,* lu au Congrès scientifique international des catholiques, à Bruxelles, en septembre 1894, et publié ici-même, livraison d'octobre 1894. Antérieurement, la Revue des questions scientifiques avait mentionné (avril 1894, pp. 636 et 638) deux publications du savant auteur dans sa langue maternelle. L'une, petite brochure d'une soixantaine de pages, *Moses and Modern Science,* avait pour sujet ce qui constitue seule-

ment la première des trois parties dont se compose le second ouvrage indiqué ci-dessus ; l'autre, *Catholic Science and Catholic Scientists,* est le texte anglais du premier.

De sa traduction française nous n'aurions pas grand'chose à dire, après le compte rendu qu'a donné du texte anglais la livraison précitée d'avril 1894, si, d'une part, le traducteur n'avait, sur certain détail, complété l'auteur, et si, d'autre part, il ne nous paraissait utile de signaler quelques points de vue passés sous silence dans le compte rendu du texte anglais.

I. — Le détail où l'auteur est heureusement complété par le traducteur est celui de la fameuse question des *jours* de l'hexaméron. Le R. P. Zahm, dans l'historique des différents systèmes successivement adoptés pour expliquer le récit biblique de la création, s'arrête à la théorie des jours-*périodes* et ne va pas au delà. M. l'abbé Flageolet a eu l'heureuse inspiration d'indiquer, par une note suffisamment développée, que l'interprétation la plus récente, par les exégètes hébraïsants, donne au mot *yôm* la signification de *jour* dans le sens littéral et ordinaire, c'est-à-dire d'un espace de 24 heures. Aucun embarras n'en résulte d'ailleurs pour l'explication de la création et pour la durée des œuvres créatrices, attendu que les jours sont pris ici dans un sens purement symbolique, sans que l'auteur de la Genèse ait prétendu déterminer par là la durée des périodes de temps correspondantes. Toute liberté est donc laissée à la science humaine pour attribuer à la lente élaboration de l'univers les myriades de siècles qu'elle jugera nécessaires, le récit biblique ne s'occupant pas de cette question.

Un point de vue du livre du R. P. Zahm qui mérite d'être signalé, c'est celui de l'influence délétère et néfaste qu'à eue, sur la science et l'esprit scientifique, la prétendue Réforme du XVIe siècle. Comment la *libre-pensée* de nos jours est la fille légitime et directe du *libre-examen*, c'est ce que montre avec une parfaite clarté notre auteur. Et tandis que les Zwingle, les Luther, les Calvin et leurs émules jetaient les ferments de division et de désorganisation dont, avec le temps, se développent de plus en plus les funestes effets, c'étaient des religieux, des franciscains, des bénédictins, des dominicains, des jésuites, des augustiniens qui, dans l'extrême Asie, en Sibérie, en Tartarie, dans les Cordillères des Andes, comme au Mexique, au Canada, dans les solitudes du Far-West, propageaient, avec la religion et la morale du Christ, les notions et le goût de la connaissance

des merveilles de la nature. Il est peu de musées en Europe qui ne leur doivent quelques collections précieuses. Leurs successeurs au surplus ont continué ces traditions ; et, de nos jours encore, il n'est pas de pionniers plus zélés des sciences physiques et naturelles que nos prêtres et nos religieux dans tous les pays de mission.

Pendant ce temps, les principes posés par les prétendus Réformateurs aboutissent, de conséquence en conséquence, à des doctrines comme, par exemple, la *Nouvelle philosophie* d'Herbert Spencer, laquelle conclut logiquement et fatalement au matéralisme et à l'athéisme purs. On sait que cette désolante et dissolvante doctrine est devenue le dogme soi-disant philosophique de toute une école de savants. Et ce faux dogme, dominant leur esprit, influe, qu'ils le veuillent ou non, sur leurs conceptions et leurs théories, et les détourne d'une part importante de vérités.

Au sujet de ces savants, dont plusieurs sont de haut vol et de vaste envergure, notre docte auteur nous paraît faire preuve d'une grande indulgence en rangeant parmi eux le trop fameux Paul Bert : ce sectaire haineux et violent à froid, très surfait comme savant, est bien plus renommé, et à bon droit, en raison de l'hostilité implacable qu'il a déployée contre toute religion durant sa carrière politique, qu'il ne saurait l'être pour des travaux scientifiques, après tout de peu de résultats.

Il est encore d'autres parties des écrits du très bienveillant auteur américain où il range, peut-être un peu trop facilement, parmi " les plus éminents de France ", des hommes d'une valeur incontestable assurément, mais dont le mérite ne s'élève pourtant pas jusqu'à un tel superlatif.

N'insistons pas davantage sur *Science catholique et savants catholiques*. Les lecteurs qui voudraient être renseignés plus complètement n'ont qu'à se reporter au compte rendu fait sur le texte anglais dans la Revue d'avril 1894, p. 638. Nous nous associons aux éloges qu'il contient, tout en observant qu'il a été tenu compte, dans la traduction française, du vœu, exprimé par l'auteur du compte rendu, de voir une table des matières détaillée compléter " un livre si rempli de faits et de témoignages ".

II. — Passons à *Bible, Science et Foi*, le second et plus récent ouvrage du même auteur.

S'il est un sujet qui ne soit jamais épuisé, c'est bien celui

qu'indique ce titre. On ne compte plus les ouvrages écrits sur ces questions ; et cependant chacun d'eux arrive à son heure et accomplit une tâche utile. Les attaques, les objections cent fois réfutées des adversaires se renouvelant sans cesse, il faut bien que la réplique se multiplie de même et suive partout l'ennemi, pour lui opposer, sans se lasser jamais, la même invincible résistance.

L'unité de plan de cet ouvrage résulte de cette pensée : montrer l'harmonie ou tout au moins la non-opposition existant entre la vraie science et les données de l'Écriture sainte. Par ailleurs le livre offrirait plutôt une sorte de trilogie que le développement d'un sujet unique. Trois questions distinctes en forment les trois divisions : 1° *L'Hexaméron mosaïque* considéré à la double lumière de l'exégèse et de la science telles qu'elles se présentent de nos jours ; 2° *Le Déluge de Noé,* envisagé également à ce double point de vue ; 3° enfin *L'Antiquité de l'homme,* étudiée comparativement dans l'histoire, la préhistoire, la géologie et la chronologie biblique. Cette troisième partie n'occupe pas moins, à elle seule, de la moitié du volume.

Il ne faudrait pas chercher dans les développements de ces trois sujets des aperçus inédits et des théories nouvelles. Tel n'est pas le but que s'est proposé l'auteur. Ce qu'il a cherché à faire et à quoi il a, selon nous, convenablement réussi, c'est de grouper dans un petit nombre de pages, à l'usage de ses compatriotes, les vues, les opinions, les discussions qui se sont fait jour en Europe et principalement en France à l'occasion de ces difficiles questions, sans d'ailleurs négliger celles des anciens Pères et Docteurs de l'Église ; celles-ci jettent souvent un jour remarquable sur les théories contemporaines. Il s'est appuyé principalement, parmi les auteurs français, sur feu l'abbé Motais, M. l'abbé Vigouroux, M. le chanoine Hamard, Félix Robiou ; parmi les écrivains et savants de langues différentes, sur le cardinal Wiseman et les RR. PP. Ryder, Faber, Hewit, sir Henry Rawlinson en Angleterre, Reusch, Hettinger, Schliemann en Allemagne, R. P. Mir en Espagne, cardinal Franzelin, et R. P. Patrizzi en Italie. Peut-être eût-il été préférable de ne pas donner comme une haute autorité feu le docte abbé Moigno, dont le sens critique, malheureusement, n'a pas toujours été au niveau de son immense érudition scientifique ; son autorité incontestable et, croyons-nous, incontestée comme savant, est

beaucoup plus discutée en matière d'exégèse (1). Cette remarque se rattache à celle, du même genre, faite ci-dessus, à propos de *Science catholique*.

Dans son étude de la création, le R. P. Zahm ne donne point de système qui lui soit personnel, mais retrace à grands traits ceux qui se sont succédé dès l'antiquité païenne et jusqu'à nos jours, en passant par l'antiquité chrétienne et le moyen âge.

Signalons, dans cette avant-dernière époque, saint Grégoire de Nysse devinant, treize ou quatorze siècles d'avance, la nébuleuse cosmique originaire imaginée par Kant, Herschel et Laplace, — et saint Augustin posant des principes que peuvent invoquer, en notre temps, les partisans de l'évolution dans les limites qu'implique le spiritualisme. Le système idéaliste à l'excès de Mgr Clifton est fidèlement résumé; sans l'adopter pour son compte, l'auteur s'en sert pour montrer combien est grande la somme d'indépendance laissée aux écrivains catholiques dans l'interprétation des saintes Ecritures.

Des polémiques très vives furent suscitées naguère à l'occasion de la nouvelle interprétation du déluge de Noé, par laquelle on contestait l'absolue universalité de ce cataclysme relativement à l'humanité en dehors de Noé et de sa famille. Ces polémiques se sont peu à peu apaisées ; et devant un examen des textes plus approfondi et mieux éclairé, la nouvelle interprétation gagne du terrain peu à peu. Le R. P. Zahm lui-même, qui, dans son premier ouvrage, émettait l'opinion assez contestable (je dirais même, toute révérence gardée, assez risquée), que l'impossibilité dans l'ordre naturel d'un déluge géographiquement universel ne serait pas démontrée, — se rallie aujourd'hui sans réticence à l'interprétation de la non-universalité même ethnique. Ce n'est pas que les exégètes de l'ancienne école aient abandonné la défense de l'interprétation universaliste. Il en est, à cet égard, et dans une moindre proportion, comme il en fut, au XVIe siècle, pour la cosmologie héliocentrique, à l'encontre des partisans du système géocentrique : ces derniers croyaient ce sys-

(1) Certaines citations ne sont pas non plus toujours heureuses. Ainsi, p. 221, l'auteur attribue à Claparède cette parole de Broca : “ J'aime mieux être un singe perfectionné qu'un Adam dégénéré „. — Un peu plus loin, pp. 232 et 233, en citant des supputations chronologiques fondées sur la formation de la tourbe, les chiffres semblent ne pas se correspondre, ce qui rend le passage malaisément intelligible.

tème lié aux vérités de foi ; de là l'opposition énergique qu'eut à subir pendant fort longtemps la vraie conception astronomique. De même aujourd'hui pour la question du déluge. Néanmoins la théorie universaliste perd de plus en plus de terrain, surtout depuis les derniers travaux de divers exégètes, notamment du R. P. Semeria, barnabite, dans la Revue biblique, et de M. l'abbé Charles Robert dans cette dernière revue et dans d'autres recueils, — sans parler même de ceux de M. Raymond de Girard, professeur à l'Université de Fribourg, qui pousse peut-être la théorie un peu trop à l'extrême.

A toutes les époques, il s'est trouvé des esprits aventureux ou vaniteux pour reculer au delà de toutes limites raisonnables l'âge du genre humain. Les savants de nos jours qui supputent cet âge par plusieurs centaines de mille ans, ne font que reproduire, sous une forme rajeunie, les vieilles traditions mythiques des Chinois, des Assyriens et des anciens Égyptiens.

Mais en dehors de ces supputations arbitraires et fantastiques qu'abandonnent aujourd'hui les savants sans vues préconçues et sans parti pris d'avance, il ne subsiste pas moins d'apparentes difficultés quant au nombre de siècles que l'humanité aurait parcourus à partir de son origine. Soit qu'on se place au point de vue des chronologies égyptienne et assyrienne, telles que l'étude de documents sérieux et vraiment historiques permet de les établir avec une somme de probabilités dont il est nécessaire de tenir compte ; soit que l'on s'appuie sur les inductions plausibles tirées de la constatation de faits de l'ordre géologique, climatérique et paléontologique ; soit enfin que l'on se cantonne sur le terrain exclusivement préhistorique et ethnologique, il est absolument impossible de se contenter, pour le cadre borné même aux faits dûment établis, des 2023 ans (dont 1656 d'Adam au Déluge, et 367 du Déluge à Abraham) qui, d'après les chiffres fournis par la Vulgate, se seraient écoulés depuis la création du premier couple humain jusqu'au passage d'Abraham de la Chaldée en Palestine.

Pour ne citer qu'un exemple tiré de l'histoire, quand ce patriarche se rendit à la cour des Pharaons, l'Égypte était un royaume puissant et florissant, qui n'avait pu parvenir au degré de civilisation qu'il possédait qu'à travers une longue suite de siècles. Cependant, quand Mesraïm et les siens avaient envahi le pays, il y avaient trouvé une population noire établie depuis longtemps. D'autre part, certains auteurs évaluent à 500 ans

environ le temps qui a dû s'écouler entre l'arrivée de Mesraïm et la fondation, par ses descendants, de la monarchie égyptienne.

La découverte de débris de la primitive industrie humaine et d'ossements humains dans les terrains de formation glaciaire nous oblige à reconnaître que l'homme existait durant la dernière grande extension des glaciers, peut-être même vers la fin de la période interglaciaire qui l'a immédiatement précédée. Or, d'après les plus récentes évaluations fondées sur des observations nombreuses et précises, il ne faudrait pas compter moins de 8 à 15 000 ans depuis le dernier retrait des grands glaciers jusqu'à nous, et peut-être 20 à 25 000 pour remonter jusqu'aux derniers termes de la période interglaciaire.

Nous arrêterons là ces exemples, qu'on pourrait multiplier. Les supputations faites d'après les chiffres de la Vulgate ne donnant, depuis la création d'Adam jusqu'à nous, que 5900 ans, il est clair que cet intervalle, qui ne comprend guère plus de 2000 ans de la naissance d'Adam à la vocation d'Abraham, est beaucoup trop court au regard des constatations de la science.

Mais cette difficulté n'a pas, tout examiné, une importance sérieuse.

Premièrement, pas plus que les sciences naturelles, la chronologie n'est l'objet de l'enseignement biblique, et les indications de dates qui s'y rapportent dans les textes sacrés n'ont qu'une valeur très relative. Il y a plus : les chiffres que donne la Vulgate d'après la version hébraïque diffèrent, dans une très notable mesure, de ceux du texte grec des Septante, lequel diffère du texte samaritain, différant lui-même de l'un et de l'autre. En sorte que, entre la supputation la plus élevée et la plus faible pour le temps écoulé d'Adam à Jésus-Christ, on trouve une différence de 3300 ans. Il résulte visiblement de là que des fautes de nombres et de chiffres ont été faites par les copistes dans les nombreuses recensions successives de la Bible, et que, selon toute probabilité, aucune des trois chronologies, hébraïque, grecque et samaritaine, ne représente la chronologie vraie que l'on eût pu déduire du texte primitif. Enfin, il n'est pas encore prouvé que les deux généalogies des patriarches d'avant et d'après le déluge soient continues et sans lacunes.

En un tel état, que devient l'objection tirée contre nos saints Livres de la haute antiquité du genre humain ? La Bible ne constate pas cette antiquité parce qu'elle ne s'en occupe pas ; voilà tout.

Arrêtons ici ce compte rendu. Il est très imcomplet, tant le livre qui en fait l'objet est rempli de faits, d'exemples et de citations. Les quelques traits qu'on en a indiqués suffiront d'ailleurs à en donner une idée exacte. Nous n'irons pas toutefois aussi loin que le savant auteur affirmant, p. 256, que la chronologie du texte grec suffit à satisfaire à toutes les exigences de la science. Soutenir, par exemple (pp. 252 et 253), que la fonte des grands glaciers et le " passage d'un froid extrême à une chaleur tempérée „ qui s'en serait suivi ne remonte pas au delà des temps historiques ; que, pareillement, bon nombre de faits reportés par les savants au début du quaternaire " se sont au contraire réalisés durant la période historique „, — ce sont là des assertions pour le moins bien hasardées. Et leur opportunité est d'autant moins apparente que l'auteur conclut en reconnaissant qu' " il est possible que l'ancienneté de l'homme soit beaucoup plus grande qu'on ne l'a jusqu'ici supposé „. Alors pourquoi formuler des assertions aussi contestables ? Que les centaines de milliers d'années prêtées par une certaine école aux développements de l'humanité soient des conceptions arbitraires et de pure fantaisie, nous sommes tous d'accord sur ce point. Mais que l'âge de l'humanité ne soit pas antérieur aux six ou sept mille ans qui résulteraient d'une chronologie établie d'après les chiffres de la version des Septante, c'est ce qu'il semble au moins prématuré d'affirmer : l'état actuel de la science ne donne pas à une telle assertion une probabilité suffisante. Nier également la coexistence de l'homme avec le mammouth nous semble risqué, alors qu'on voit la figure de cet animal parfaitement reconnaissable en gravure sur os de l'âge de la pierre. Il suffit pour s'en assurer d'aller voir, au musée de Saint-Germain, cette gravure très bien tracée sur une plaque osseuse.

Mais ce sont là des divergences secondaires. L'essentiel de ce livre et ce qui fait son mérite, c'est qu'on y trouve, en un petit nombre de pages, un tableau complet de l'état actuel de la controverse en exégèse biblique sur toutes les questions que l'auteur a abordées.

C. de Kirwan.

X.

Étude sur l'espace et le temps, par Georges Lechalas, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. — Un volume in-18 de 201 pages. — Paris, Alcan, 1896.

M. Lechalas est bien connu des personnes qui suivent le mouvement philosophique contemporain en France. Il a publié, dans les *Annales de philosophie chrétienne*, dans la *Revue de Métaphysique et de Morale*, ailleurs encore, des articles remarquables sur des sujets variés, et particulièrement sur des matières qui appartiennent à ce domaine étendu, mais mal défini encore, que le R. P. Carbonnelle désignait sous le nom de " Confins de la Science et de la Philosophie ".

Quelques-uns de ces articles, complétés et agrandis, avec des études nouvelles et plus spécialement philosophiques, sont réunis dans le volume sur l'Espace et le Temps que nous annonçons aujourd'hui.

" Les questions de l'espace et du temps, dit-il, sont à la fois liées d'une façon étroite, au point de vue de la genèse de leurs notions dans notre esprit, et analogues jusqu'à un certain point, en ce qui concerne les difficultés d'ordre métaphysique qu'elles soulèvent. " L'auteur les étudie donc parallèlement, d'abord au point de vue scientifique, dans quatre chapitres consacrés successivement à l'espace géométrique, au temps et à l'espace en mécanique, à la géométrie de notre univers, enfin au problème des mondes semblables et à la réversibilité de l'univers. Il aborde ensuite les questions d'ordre métaphysique : pour l'espace, il se borne à un examen critique de l'infini et du continu ; pour le temps, au contraire, il développe certaines théories de Kant et de Balmès. Tout le livre est d'ailleurs écrit au point de vue réaliste; l'auteur fait remarquer que l'on peut aisément, si l'on veut, le soumettre à une transposition idéaliste, jeu d'esprit familier aux écrivains des revues philosophiques actuelles.

Nous n'avons pas la compétence nécessaire pour suivre M. Lechalas dans toutes les questions qu'il aborde successivement. Mais quelques-unes de ces questions touchent à un sujet qui nous intéresse vivement et dont nous avons déjà entretenu plus d'une fois les lecteurs de la *Revue* : les principes de la géométrie. Nous nous permettrons donc de donner une analyse

étendue des chapitres que M. Lechalas y consacre, sauf à réduire d'autant plus ce que nous dirons des autres.

I. *L'espace géométrique.* M. Lechalas s'occupe d'abord des bases de la démonstration géométrique : définitions, axiomes et postulats. Il maintient contre M. Liard que les définitions premières en géométrie ne sont pas et ne peuvent pas être génétiques ou exprimant la génération de la figure à définir. Euclide, il y a plus de deux mille ans, admettait en tête de ses *Éléments* une définition non génétique de la droite et la complétait par trois postulats, dits de construction, exprimant la possibilité de mener une droite entre deux points, de la prolonger, et de tracer un cercle de centre et de rayon donnés, et personne n'a jamais pu se passer de ces trois postulats. " La géométrie, dit M. Lechalas, apparaît comme reposant sur des définitions hypothétiques, dont la seule justification semble résulter de ce que, prenant ces définitions pour point de départ, on peut pousser la déduction aussi loin que l'on veut sans rencontrer de contradiction (p. 7). „ Plus loin, pp. 44-48, l'auteur fait connaître pourquoi l'on peut être certain qu'un système de géométrie est irréprochable au point de vue logique et n'aboutira à aucune contradiction. — Les définitions seules d'ailleurs ne peuvent conduire à rien en géométrie, si l'on n'y joint les principes d'identité et de contradiction et, au besoin, comme il le fait observer avec raison, celui de raison suffisante.

M. Lechalas examine ensuite la question de la prétendue stérilité des axiomes généraux sur les grandeurs, et la résout très bien, selon nous, à propos de quelques exemples, contre Locke et M. Lachelier.

Enfin, l'auteur indique quelle est à ses yeux la vraie nature des postulats géométriques, par exemple, des cinquième et sixième postulats d'Euclide : deux droites d'un plan qui font avec une transversale des angles intérieurs dont la somme est moindre que deux droits se rencontrent ; — deux droites ne peuvent pas enclore un espace. " Les postulats, dit-il, ne sont que des définitions méconnues, et tant qu'on ne leur restitue pas ce caractère, on est amené logiquement, comme l'ont été d'innombrables géomètres, à en chercher des démonstrations, bien qu'il soit prouvé que ce but est impossible à atteindre en partant des définitions qui servent communément de base à la géométrie. „ La définition de la droite d'Euclide, ou celle de Legendre, ou celle de M. De Tilly suffit pour établir, sans les postulats cités plus haut, la moitié à peu près des propriétés contenues dans les

Éléments, parce que cette définition, sous sa forme indéterminée, convient à la fois à trois êtres géométriques distincts, la droite euclidienne, la droite lobatchefskienne, la droite riemannienne, et que ces propriétés sont communes aux trois espèces de droites. Mais quand on veut démontrer les propriétés spéciales de la droite euclidienne, il faut ajouter au concept général de droite les propriétés contenues dans les postulats 5 et 6; si l'on veut arriver aux propriétés de la droite lobatchefskienne ou riemannienne, c'est le postulat 6 seul ou le postulat 5 seul qu'il faut ajouter au concept général de droite.

Les adversaires de la géométrie non euclidienne *méconnaissent* la nature des postulats, comme le dit M. Lechalas. Ils ressemblent à celui qui, dans la théorie des coniques, partirait de leur définition générale, et, après avoir démontré les propriétés communes à ces courbes, admettrait le postulat suivant pour établir les propriétés spéciales de la parabole : les points d'une conique sont également distants d'un point et d'une droite fixes ; il essaierait vainement de le démontrer en partant de la définition générale des coniques et, de guerre lasse, le baptiserait du nom barbare de jugement synthétique *à priori;* en même temps, il anathématiserait les géomètres plus avisés qui établiraient, sans recourir à aucun postulat, les propriétés spéciales de l'ellipse et de l'hyperbole.

Après avoir fait connaître ainsi la vraie nature des postulats, M. Lechalas caractérise rapidement la géométrie euclidienne. Il nous semble qu'il aurait dû parler ici (comme il le fait plus loin, p. 28) aussi bien du sixième que du cinquième postulat d'Euclide. Il fait connaître le postulat de Wallis (il existe des figures semblables) par lequel M. Delbœuf remplace le cinquième postulat et les définitions que ce savant donne de la droite, du plan et de l'espace. Personnellement, nous préférons le postulat d'Euclide à celui de Wallis, parce que ce postulat postule trop, comme Saccheri l'a remarqué dès 1733 ; mais l'inconvénient est très petit.

Dans l'important paragraphe qui suit, on trouve un exposé des principes de la géométrie générale. L'auteur se sert de la terminologie de M. Calinon, ce qui empêchera peut-être qu'il soit compris aussi complètement que s'il employait celle de la plupart des partisans de la géométrie générale. Il dit un mot des espaces à une dimension, dont l'étude analytique est au fond identique à

la théorie des équations à une inconnue et de degré quelconque, ou même transcendantes; au point de vue géométrique pur, sans intervention de l'analyse proprement dite, on peut considérer, dans un pareil espace, la théorie du rapport anharmonique, celle de l'involution et des transformations variées. M. Lechalas indique ensuite comment on peut étudier directement des espaces à deux dimensions ou surfaces ; chemin faisant, il rencontre des objections de M. Renouvier et de M. Poincaré : " L'esprit humain, dit-il, travaillant sur des données sensibles et sans précision, leur appliquera les notions générales, qui se seront éveillées en lui peut-être à leur occasiou, et pourra construire alors une science apriorique qui pourrait même ne pas s'appliquer en fait aux phénomènes réels sans que sa propre valeur en fût en rien diminuée. „ Ainsi des mesures imparfaites peuvent donner l'idée de l'égalité des distances comptées sur les géodésiques des surfaces et permettre de faire une géométrie générale dans un espace à deux dimensions.

Parmi ces surfaces, M. Lechalas considère les plans (ou surfaces identiques à elles-mêmes de M. Calinon) qui sont de trois espèces : plans riemanniens, plan euclidien, plans lobatchefskiens. Il donne une idée de la trigonométrie et du calcul des aires dans chacun de ces plans, et réfute encore une fois M. Renouvier, dont la science mathématique un peu courte voit des postulats partout (ce n'est pas M. Lechalas, c'est nous qui disons cela), à propos d'un théorème sur les perpendiculaires, qui est d'ailleurs très bien démontré dans Euclide. Enfin, M. Lechalas traite des espaces divers à trois dimensions: il indique très bien comment la théorie de la similitude existe entre deux espaces riemanniens ou lobatchefskiens quelconques; comment aussi, en un certain sens, dans un espace à quatre dimensions, on pourrait superposer deux figures symétriques à trois dimensions.

Qu'il nous soit permis de faire ici deux ou trois remarques critiques. 1° L'euclidianisme des figures infiniment petites, selon nous, ne peut être établi avec rigueur par le raisonnement sommaire de la note de la page 32. 2° M. Lechalas fait remarquer avec raison qu'il ne faut pas confondre un plan lobatchefskien avec une pseudosphère de Beltrami (p. 33) ; mais selon nous il a tort de dire, p. 36, que le plan riemannien est identique à la sphère euclidienne : celle-ci a un centre unique, ce qui n'est pas le cas pour le plan riemannien. De même, il nous semble abusif de dire que la droite et le plan euclidiens sont l'horicycle et l'horisphère lobatchefskiens (p. 38). Mais peut-être, sur ce point,

notre dissentiment avec lui est-il plus apparent que réel, et provient-il uniquement d'une différence de terminologie. 3° Enfin, sur la continuité, force nous est bien d'être de l'avis de M. Poincaré contre M. Lechalas (p. 43). Plus loin (p. 140), il nous semble que l'auteur lui-même se rapproche de la manière de voir des analystes.

Les deux paragraphes suivants (valeur de la géométrie générale; portée philosophique de la géométrie générale) sont le complément du troisième. M. Lechalas, à propos d'un raisonnement de M. Poincaré, critiqué à tort par des logiciens, explique pourquoi la géométrie générale ne peut jamais aboutir à une contradiction et répond à diverses objections dont la plupart trahissent chez leurs auteurs une connaissance imparfaite de l'état actuel des recherches des géomètres sur les principes de leur science.

Qu'il nous soit permis d'en donner quelques exemples. 1° Cauchy et, après lui, M. De Tilly (ils ne sont pas les seuls) ont donné une définition du plan qui ne contient aucune condition surabondante; il n'y a donc, du chef de la définition du plan, aucun postulat à introduire soit en géométrie euclidienne, soit en géométrie non euclidienne. 2° Les postulats autres que ceux d'Euclide, qui sont admis implicitement dans toutes les géométries, ont été énumérés et étudiés avec soin par MM. Pasch et Peano. Nous les avons signalés avec d'autres études analogues à l'abbé de Broglie, qui s'en est occupé d'une manière beaucoup moins approfondie dans le manuscrit dont il est parlé en note de la page 29, manuscrit qu'il nous avait confié. 3° Le postulat du tour à l'horizon, imaginé par M. Renouvier, a été inventé et réinventé bien des fois par des géomètres novices qui ignorent qu'appliqué à un quadrilatère gauche ou à un polygone sphérique, il conduit à des résultats absurdes. 4° Une erreur fondamentale des adversaires de la géométrie générale, c'est d'admettre naïvement que l'intuition géométrique est d'accord uniquement avec la géométrie euclidienne. Rien n'est plus faux : pratiquement, la géométrie euclidienne et les géométries non euclidiennes voisines donnent lieu à des représentations sensibles indiscernables. Par suite, aucune expérience ne prouve ni même ne peut prouver que notre espace réel soit plutôt euclidien que riemannien ou lobatchefskien. Tout ce que l'on peut dire, c'est qu'il est euclidien ou à peu près euclidien.

II. *Le temps et l'espace en mécanique.* Ce chapitre est divisé

en deux paragraphes consacrés respectivement à la cinématique et à la dynamique. M. Lechalas fait observer qu'en réalité la cinématique est indépendante du temps et du système d'axes choisi ; que la masse et non la force constitue la notion nouvelle qui donne naissance à la dynamique. Voici comment il résume lui-même les thèses principales qu'il défend dans ce chapitre : " La notion de la simplicité des lois de la nature ne présente pas de caractère illusoire ; la recherche des lois simples exprimant l'enchaînement des phénomènes de la nature conduit à rapporter tous les mouvements à un système d'axes défini, à une translation uniforme près, et à mesurer les temps au moyen d'un mouvement-unité strictement déterminé. Les partisans du mouvement et du temps absolus peuvent voir un succès dans ce résultat ; mais les adversaires des mêmes conceptions sont fondés à soutenir que la relativité du mouvement et du temps n'en subit aucune atteinte. „

III. *La géométrie de notre univers.* L'auteur discute dans ce chapitre des vues de MM. Calinon, Poincaré, Couturat, que nous ne saisissons pas assez pour les résumer brièvement d'une manière complètement exacte. Sur le point essentiel, comme nous l'avons dit plus haut, nous sommes convaincu que M. Lechalas a raison : l'univers, autant que nos mesures peuvent le constater, est très approximativement euclidien ; mais nous ne savons rien de plus. A la page 100, l'auteur dit qu'un espace euclidien peut contenir des plans riemanniens : il peut contenir des sphères euclidiennes, ce qui est tout différent, comme nous l'avons déjà dit plus haut. Selon nous, tout est euclidien, riemannien ou lobatchefskien dans les espaces qui portent ces noms. Mais chaque espace contient des figures ayant des propriétés très analogues à celles que l'on rencontre dans les autres.

IV. *Le problème des mondes semblables et de la réversibilité de l'univers.* Le premier problème est ainsi posé : " Imaginons que toutes les dimensions et distances des parties de l'univers viennent à varier ensemble suivant une même proportion ; supposons que les vitesses varient de même, mais suivant telle autre proportion que l'on voudra : y aura-t-il, pour un observateur placé dans cet univers, un moyen quelconque de distinguer son nouvel état de l'ancien ? „ Après avoir précisé davantage la question, l'auteur, après discussion des idées de Laplace et de MM. Delbœuf et Renouvier sur ce sujet, conclut comme il suit :

« Deux univers (physiques et psychologiques) semblables tant par rapport à l'espace qu'à celui du temps, sont indiscernables et, par suite, l'hypothèse de leur distinction implique contradiction. C'est l'affirmation, sous sa forme la plus complète, de la relativité de l'espace et du temps. »

L'autre problème dont il est question dans ce chapitre, celui de la réversibilité du monde, consiste en ce que si les actions qui s'exercent entre les particules matérielles sont de simples fonctions de leurs distances respectives et sont dirigées suivant les droites qui les joignent, tous les phénomènes peuvent se passer indifféremment dans un sens ou dans l'autre : on peut changer dans les équations du mouvement le signe du temps sans inconvénient; chaque état de l'univers peut indifféremment être considéré comme la cause d'un autre ou comme causé par celui-ci, de manière qu'il semble impossible de distinguer l'*après* de l'*avant* dans un pareil monde. M. Lechalas expose les vues de Ph. Breton, du R. P. Carbonnelle, de Helmholtz, de Poincaré sur la question. Le P. Carbonnelle fait remarquer que le monde réverti serait instable; par suite, selon lui, on peut le distinguer du monde direct et fixer le sens des mots *avant* et *après* sans recourir à des phénomènes psychiques. Mais pour arriver à cette conclusion, le P. Carbonnelle se sert d'exemples empruntés à la théorie de la chaleur. Or, on n'est pas parvenu à ramener celle-ci, comme l'ont remarqué MM. Poincaré, Duhem (*Commentaire aux principes de la Thermodynamique*, conclusion, Journal de Liouville, 1894, pp. 284-285), Ostwald (*La Déroute de l'atomisme*, Revue générale des sciences pures et appliquées, 15 novembre 1895), à une théorie purement mécanique où n'interviennent que des forces du genre de celles dont il est question plus haut. Au fond, l'explication du P. Carbonnelle, où il invoque la théorie de la chaleur, revient donc à dire que les phénomènes du monde matériel ne sont pas représentés par des équations où l'on peut supposer à volonté le temps positif ou négatif: les phénomènes ne sont pas réversibles, et dès lors ils peuvent nous donner la notion de l'avant et de l'après.

Cette conclusion dernière est celle de M. Lechalas; mais a-t-il le droit d'admettre encore, comme il semble le faire (p. 144), que la considération de forces fonctions de la seule distance des particules matérielles peut conduire à cette conclusion ?

Selon nous, on pourrait dire simplement, pour distinguer le passé de l'avenir par la seule physique, que *le temps varie dans le même sens que l'entropie.*

V. *Critique de l'infini et du continu. Les arguments de Zénon d'Élée.* Ce chapitre traite de questions métaphysiques qui nous sont trop étrangères pour que nous puissions en donner une analyse. Contentons-nous de remarquer en passant qu'une des antinomies de Kant, celle qui est relative à l'infinité de l'espace, n'a plus aucun sens, si l'espace réel est riemannien, puisque celui-ci est fini.

VI. *La nature du temps.* Ce chapitre est encore plus métaphysique que le précédent. Faute de compétence, nous devons nous contenter d'en indiquer sommairement le contenu des divers paragraphes. Dans l'introduction, l'auteur donne un aperçu des idées de Boscowich et de M. Domet de Vorges sur la nature de l'espace, et renonce à faire lui-même une théorie à ce sujet. Au contraire, il s'occupe longuement de la nature du temps. Il expose les vues de Balmès et de M. Boirac sur la question, sous le titre un peu singulier pour les profanes : *La conciliation de l'être et du non-être comme origine du temps.* Dans le suivant, intitulé : *Identité de la relation temporelle et de la relation de causalité occasionnelle,* il complète les aperçus de Balmès au moyen d'une théorie empruntée à Kant. Il fait ensuite des applications diverses de cette conception du temps à la question de l'éternité de Dieu, de sa prescience, de l'immortalité. Enfin, il traite de la mesure du temps au point de vue scientifique et psychique et montre assez clairement, ce nous semble, comment se fait la conciliation entre la conception philosophique du temps et les résultats de la science expérimentale.

Comme on le voit, dans le petit volume que nous venons d'analyser d'une manière bien inégale dans ses diverses parties, M. Lechalas soulève, résout ou expose un grand nombre de questions intéressantes, mais bien ardues, de science et de philosophie.

Ajoutons que le livre est écrit d'un bout à l'autre avec une modestie, une bonne foi, une franchise d'allures qui témoignent chez son auteur d'un amour sincère de la vérité. M. Lechalas est vraiment un philosophe dans le sens étymologique du mot, et c'est pour cela qu'on l'écoute si volontiers, qu'on se met à son école dans les questions où l'on est incompétent, et qu'on s'enhardit, sur ce terrain même, comme nous l'avons fait çà et là, à le combattre avec les armes qu'il a lui-même fournies.

P. Mansion.

XI.

Une cachette de fondeur a Vénat, par G. Chauvet. — Un vol. in-8° de 289 pp. — Angoulème, 1895.

On trouvait il y a deux ans à Vénat (Charente), enterré dans le sable à 25 centimètres seulement de profondeur, un vase en terre rempli d'objets ou de fragments de bronze d'un poids de 75 kilogrammes (1). C'était une de ces cachettes si nombreuses à l'âge de bronze, dont nous ne savons dire au juste la raison d'être. M. de Mortillet en compte 435 en France (2) ; leur nombre n'est pas moins considérable dans les pays voisins, et sûrement beaucoup d'autres restent encore découvrir.

Tous ces objets, obtenus tantôt par le moulage, tantôt par le martelage, sans jamais présenter aucune trace de soudure, étaient empilés dans une complète confusion. Nous voyons, comme armes, des haches à ailerons ou à douille, souvent munies d'un anneau latéral, des fragments d'épée de toute dimension avec des lames à double tranchant et des poignées toujours courtes, des javelots, des lances, des pointes de flèche, des poignards à soie et à douille ; comme outils, des ciseaux, des gouges, des tranchets tantôt triangulaires, tantôt quadrangulaires, des marteaux qui répondaient à tous les besoins d'une industrie encore fort rudimentaire.

On trouvait aussi plusieurs rasoirs. M. Chauvet acceptant, non sans quelque hésitation, l'opinion de Gozzadini et de Desor, donne ce nom à de minces feuilles de bronze plus ou moins arrondies aux bords, amincies du côté convexe qui forme le tranchant, plus épaisses du côté opposé souvent inséré dans un manche (3).

Les objets destinés à la parure ne sont pas moins nombreux. Les deux sexes à l'âge du bronze portaient des bracelets. Ils offraient aux guerriers une protection souvent efficace. Les bagues, comme partout à cette époque, sont rares ; les boucles d'oreille

(1) Le dolium trouvé à Bologne ne pesait pas moins de 1500 kilogrammes.

(2) Bul. Soc. Anth., 1892.

(3) Rien ne paraît moins prouvé que cette destination. Nous savons seulement qu'une loi datant, prétend-on, de Numa et longtemps observée ordonnait aux Flamen-Diales de se couper la barbe avec un rasoir d'airain et non de fer. *Dict. des Ant. grecques et romaines*, art. " *Ferrum* ...

en revanche sont remarquables : on en connaît deux types, un non fermé et orné de stries, l'autre fermé et suspendu à l'oreille par un fil de bronze. Citons aussi une chaîne formée d'anneaux de bronze, analogue à celle trouvée dans la fonderie de Larnaud (1) et à celles provenant des habitations lacustres. Ces rapprochements, que M. Chauvet fait avec un soin scrupuleux, ont une grande importance.

Nous serons moins affirmatif sur la destination de quelques feuilles de bronze brisées que notre archéologue croit avoir appartenu à des armures, ou de quelques fragments qu'il rapporte à des umbos. Les grelots étaient en assez grand nombre. Ils se rencontrent aussi en Angleterre. Il est impossible de supposer que des objets d'une fabrication si complexe aient été inventés sur deux points différents à la même période de civilisation. Il faut donc plutôt croire à des relations entre les deux pays, relations que d'autres faits viennent confirmer. Des rapports auraient également existé entre les vieux habitants de la Charente et la Suède, l'Allemagne, la Suisse. Le commerce, dès ces temps reculés, était le grand lien entre les nations. Ces rapports ont surtout été très étroits avec la Haute-Italie et peut-être, dit M. Chauvet, peut-on les faire remonter à la civilisation préétrusque que les archéologues italiens datent du xe siècle avant notre ère. Nous nous récusons sur cette question de date encore si peu claire. Les uns placent l'origine du bronze, dans l'Europe occidentale, peu de temps avant l'invasion romaine ; d'autres la font remonter au xve siècle ; M. d'Arbois de Jubainville parle même du xxe (2). M. Chantre croit le bronze contemporain des derniers dolmens ; M. Alex. Bertrand pense que notre région était à peine sortie de l'état néolithique au viie siècle (3). Toutes les hypothèses sont permises, aucune ne peut être prouvée.

Nous croyons avec M. Chauvet que l'industrie de Vénat s'est développée sur place. Ces hommes avaient à leur disposition le cuivre, l'étain, l'or, le plomb, peut-être même d'autres métaux, car on a recueilli une petite plaque de fer à l'état d'oxyde sans mélange d'autre métal. Le minerai de fer est encore aujourd'hui très abondant dans la Charente. Le cuivre venait sans doute de Bretagne ou d'autres points de la région, l'étain du Cornwall, des Asturies, peut-être aussi de gisements plus voisins : on con-

(1) Rev. Arch., t. XVI, 2e s., p. 317.
(2) *Les Premiers habitants de l'Europe*, 2e éd., p. 382.
(3) *La Gaule avant les Gaulois*, 2e éd., p. 252.

nait en effet en France des alluvions stannifères anciennement exploitées.

Nous ne pouvons pas terminer sans remercier M. Chauvet de son excellent travail. Nous n'en connaissons pas de plus consciencieux, où toutes les références soient établies avec plus de soin. Il devient un guide précieux pour tous ceux qui étudient l'âge de bronze.

Mis de Nadaillac.

XII.

La Théorie des procédés photographiques, par de la Baume Pluvinel. *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.)* — Un vol. petit in-8° de 226 pag. — Paris, Gauthier-Villars et Masson.

Ils sont légion aujourd'hui les chevaliers de l'objectif, tous aimant leur art si plein d'attirances ! C'est que la lumière est une magicienne admirable : tantôt ce sont des souvenirs aimés qu'elle nous conserve vivants et fidèles ; tantôt ce sont les perspectives fuyantes des paysages pittoresques qu'elle enchaîne et fixe pour jamais; tantôt enfin ce sont des merveilles encore insaisies qu'elle révèle aux yeux étonnés du savant aux aguets.

La chambre noire a pénétré partout. Je la vois dans le laboratoire de l'homme de science, parmi ses instruments les plus utiles, et je la retrouve à côté des livres jetés là pêle-mêle de l'insouciant écolier de douze ans.

Mais parmi tant d'amis de la photographie, combien y en a-t-il qui savent les admirables phénomènes qui se passent si près d'eux sur cette mince couche de gélatine ? Bien peu, sous doute: c'est l'aristocratie du savoir photographique. Les autres, la plèbe, ne s'en inquiètent guère : un négatif d'abord, obtenu avec le bain numéro 1 et le bain numéro 2, un positif ensuite qui est traité par le bain numéro 3..., et c'est fait. C'est même parfois, ô dérision du sort ! plus joliment fait que ce qui sort des mains de ceux qui connaissent.

Mais peu importe : parmi ceux qui ignorent, il en est beaucoup qui voudraient savoir. Pour plusieurs, disons-le tout de suite, c'est impossible. Pour d'autres, pour ceux qui possèdent des notions de physique et de chimie suffisamment étendues, rien de plus

facile ; nous les renvoyons à l'ouvrage de M. le Cte de la Baume Pluvinel sur la *Théorie des procédés photographiques.*

Chapitre I. — Action des radiations sur les corps. — Les corps sont composés de *molécules pondérables* et de *molécules impondérables* (éther). Sous l'influence de la lumière, les unes et les autres peuvent être ébranlées d'une manière particulière. Ce mouvement se propage de proche en proche et dans toutes les directions aux molécules d'éther extérieures aux corps. On dit alors que ce corps émet des radiations.

Certaines substances, sous l'action des radiations, vibrent synchroniquement avec elles, et cet ébranlement peut amener une altération dans la composition chimique du corps, ou simplement une modification de structure, ce qui suffit pour lui donner des propriétés nouvelles.

Chapitre II. — Action latente de la lumière sur les composés halogènes de l'argent. — Pour une certaine quantité de lumière, variable suivant la nature de la couche sensible, l'action produite par les révélateurs est maxima, et, l'intensité de la lumière augmentant, les effets produits deviennent de plus en plus faibles. Lorsqu'une plaque a reçu cette quantité de lumière à laquelle correspond une action maxima des révélateurs, on dit qu'elle est *solarisée.* Si la solarisation est dépassée, on constate un changement d'aspect de la plaque, et une altération manifeste dans sa composition. On dit que la lumière produit une action latente tant que la plaque n'est pas solarisée, et une action directement visible au delà du point de solarisation.

Deux théories sont en présence qui cherchent à expliquer la modification qu'a dû éprouver le composé sensible pour acquérir les propriétés nouvelles qui viennent d'être signalées : la *théorie chimique* et la *théorie dynamique.*

Les partisans de la première considèrent l'image latente comme résultant d'une décomposition réelle du bromure d'argent, et ils supposent ou bien que le bromure est décomposé en ses éléments, ou qu'il est réduit à l'état de sous-bromure, ou enfin qu'il est débromuré plus ou moins complètement (photo-sels de Carey-Lea).

La théorie dynamique veut que le bromure d'argent subisse, de la part de la lumière, une transformation moléculaire lui donnant la propriété d'être facilement réduit par les révélateurs. Allant plus loin, on peut même supposer qu'il a conservé la même composition et la même forme que le bromure normal, mais qu'il

a seulement acquis un surcroît d'énergie. Il la conserve après l'action de la lumière, et c'est elle qui permet aux révélateurs d'exercer sur lui leur action réductrice.

De ces deux théories, la seconde est peut-être plus séduisante; et ce qui est de nature à la mettre en faveur, c'est qu'elle explique aisément nombre de faits qu'il est malaisé de concilier avec la théorie chimique.

Le chapitre poursuit l'étude des phénomènes produits par la solarisation; il expose le mode d'action des révélateurs physiques ou chimiques; et après avoir rappelé l'influence des diverses radiations du spectre solaire sur les composés halogènes de l'argent, il se termine par un aperçu sur l'orthochromatisme.

Chapitre III. — Procédés négatifs sur papier albuminé et sur collodion.

Chapitre IV.— Procédé au gélatino-bromure d'argent.— Un des phénomènes les plus intéressants qui se présentent dans la préparation du composé argentique, est celui de la *maturation*. Par l'action de la chaleur ou de l'ammoniaque, on peut *mûrir* l'émulsion, c'est-à-dire transformer le bromure d'argent peu sensible en un bromure très facilement altérable. Remarquons en passant que les grains de gélatino-bromure, qui n'ont que $0^{mm},0008$ à $0^{mm},0015$ de diamètre avant la maturation, atteignent $0^{mm},003$ à $0^{mm},004$ après cette opération. Des plaques très sensibles donneront en général moins de finesse que les autres, mais seront beaucoup plus rapides.

L'auteur passe en revue les différents développateurs, l'oxalate ferreux ainsi que les révélateurs de la série aromatique, et rend compte de leur action chimique. Les équations chimiques prêtent largement leur appui aux explications du texte.

Chapitre V. — Procédés donnant des phototypes positifs : procédé Bayard, de Daguerre, Poitevin; ferrotypie; positifs directs en couleurs avec les conditions théoriques si bien exprimées par M. Lippmann, tout cela est passé en revue.

Chapitre VI.— Procédés de photocopie aux sels d'argent.— Ce chapitre est rempli de faits du plus haut intérêt. Faute d'espace, nous nous contenterons de signaler les principaux paragraphes : décomposition et coloration du chlorure d'argent exposé à la lumière ; composition de la matière noire qui en résulte ; théorie de la décomposition intégrale ; théorie de la décomposition incomplète ; théorie des photo-sels ; théorie de l'oxychlorure. Action de la lumière sur les composés organiques de l'argent. Virage.

Chapitre VII. — Fixage, renforcement, affaiblissement, traitement des résidus.

Chapitre VIII. — Divers procédés de photocopie : procédés aux sels de fer ; platinotypie ; procédés aux sels de cobalt, de chrome ; procédé dit au charbon ; photolithographie, etc. ; procédés aux sels d'uranium, de cuivre, etc. — L'utilité de ces deux derniers chapitres n'est point contestable, et les principes sur lesquels se basent ces divers procédés sont des plus intéressants.

Le beau livre que nous venons de résumer est tout rempli de merveilles. Véritable *Aide-Mémoire*, il marie les données scientifiques exactes avec les plus utiles détails de pratique. Du reste, agréablement présenté en même temps que méthodiquement distribué, l'ensemble de l'ouvrage forme un corps que l'on peut également lire sans fatigue d'un bout à l'autre ou consulter rapidement. Bref, comme nous le disions au début, ceux qui ignorent et qui voudraient savoir ne perdront point leur temps à étudier ce volume : ils y feront ample moisson de connaissances qui doubleront, j'en suis sûr, leurs plaisirs daguerriens. Et ceux qui savent seront heureux d'avoir là, condensée en un léger volume, la quintessence de la science photographique.

V. B.

XIII.

Applications scientifiques de la photographie, par G. H. Niewenglowski. *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.)* — Un vol. petit in-8° de 173 pp. — Paris, Gauthier-Villars et G. Masson.

Comme nous le disions plus haut, l'appareil photographique est l'un des auxiliaires les plus utiles des sciences. Pour plusieurs d'entre elles, il est même devenu un instrument indispensable. Il faut l'avouer pourtant : sauf en astronomie, ce n'est que d'hier que date l'application de la photographie aux recherches scientifiques, et encore ces essais ne se sont faits qu'isolément.

Il était avantageux de grouper et de rapprocher toutes ces tentatives isolées, et de montrer ainsi les ressources que peuvent trouver dans ces sortes d'applications les diverses branches de la science.

C'est ce qu'a entrepris M. G. Niewenglowski, l'auteur déjà bien connu de nombreux travaux sur la photographie.

L'*Aide-Mémoire* dont il s'agit est divisé en deux parties : la technique de la photographie scientifique, et les applications proprement dites.

La première, nécessairement peu étendue, nous fait connaître certaines qualités que doit réaliser le matériel photographique quand il est destiné à des recherches de précision.

Beaucoup de phénomènes scientifiques se présentent avec des caractères particuliers de relief, de coloration et de mouvement ; les reproduire fidèlement sous ce triple rapport, telles sont les trois parties du problème que la photographie s'est posé, et que l'on peut aujourd'hui considérer comme presque résolues. En attendant qu'elles le soient complètement, l'auteur nous donne les principes des méthodes employées, et les procédés qui ont fourni jusqu'à ce jour les meilleurs résultats.

La seconde partie nous fait connaître les expériences les plus saillantes réalisées à l'aide de la photographie dans les diverses sciences, à l'exception toutefois de l'astronomie, un manuel spécial de la collection des *Aide-Mémoire* devant traiter de cet objet.

Parmi ces essais, citons-en quelques-uns.

En 1889, M. Anschütz de Lissa a pu photographier à la lumière du jour des projectiles animés d'une grande vitesse initiale. Il se servit pour cela d'une chambre noire très solide dont l'obturateur à rideaux était commandé par un poids de plusieurs centaines de kilogrammes ; cet obturateur était formé d'une fente fort étroite découvrant la plaque pendant un temps très court (75 millionièmes de seconde). Le projectile lancé traversait un réseau de fils métalliques qui commandait l'obturateur de la chambre. Il a pu ainsi photographier des projectiles passant devant son appareil à une vitesse initiale de 418 mètres par seconde.

Pour les mêmes expériences, MM. Mach et Salcher ont employé, ce qui est plus pratique, un éclairement instantané, l'étincelle électrique. Entre les mains de M. Boys, ce dernier procédé a donné des résultats tels qu'on est parvenu à fixer, non seulement l'image du projectile en un point quelconque de sa course, mais encore celle des perturbations occasionnées dans l'air par son passage.

En acoustique, les méthodes photographiques enregistrant les mouvements vibratoires ont été fécondes en constatations des plus intéressantes. Les ondulations produites dans l'air des tuyaux sous l'influence des sons, les mouvements vibratoires

communiqués à l'air par les modulations de la voix, etc., ont fourni des diagrammes fort curieux.

L'optique également, particulièrement pour la spectroscopie, a beaucoup bénéficié de l'appoint que lui prêtait la photographie. C'est ainsi que M. Cornu a pu construire une carte du spectre solaire ultra-violet qui prolonge celle d'Angström. Et pour ce qui est du dénombrement des raies spectrales, la photographie a certainement l'avantage sur les autres méthodes. Le capitaine Abney a pu, grâce à ce procédé, résoudre en dix-sept lignes la raie A du spectre solaire.

La météorologie utilise surtout la photographie pour enregistrer les variations des diverses éléments qui rentrent dans son domaine, et pour fixer les phénomènes rares et fugaces.

Géométrie et lever des plans, pesanteur, capillarité et hydrodynamique, chaleur, électricité, chimie, sciences naturelles et médicales, toutes ces branches de la science se sont adressées à la photographie avec les plus encourageants résultats.

Puisse la lecture de ces ingénieuses applications, suivant le vœu de M. Niewenglowski, en suggérer de nouvelles ! Puisse aussi la photographie accomplir bientôt les derniers progrès qu'on attend d'elle : son essor sera alors autrement rapide, et, ses succès dans les applications scientifiques auront une fécondité bien plus admirable encore.

V. B.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE.

Le Trias de l'Himalaya. — On sait que, pendant longtemps, le trias n'a été connu que par son type de Lorraine et de Souabe, comportant la trilogie classique du grès bigarré, du muschelkalk et des marnes irisées ou keuper. Seul, l'étage intermédiaire contenait quelques ammonées, uniformément rapportées au genre *Ceratites*. Depuis lors, on a découvert dans les Alpes orientales un type alpin où les parties moyenne et supérieure du système se montraient riches en ammonées. Les genres *Ammonites* et *Ceratites* durent être démembrés et partagés en un grand nombre de genres nouveaux, bien échelonnés dans le temps.

L'étage inférieur en contenait bien quelques-uns ; mais sa base continuait à se présenter sous la forme de grès rouges. Plus tard, on reconnut que le facies marin de cette base, indiqué au sud de l'Oural, avait tendance à se prononcer dans l'est, et on en eut la preuve dans l'Himalaya, où des couches à *Otoceras* établissent le passage graduel du permien au trias.

Or voici que M. Diener (1), en explorant l'Himalaya central, aux environs du col de Spiti, a reconnu que le trias marin présentait, sur la frontière tibétaine, un magnifique développement. Sa puissance varie entre mille et douze cents mètres. Les calcaires dominent, et le nombre des ammonées est si considérable, qu'il

(1) Denkschriften der K. Akad. der Wissenschaften, Wien, 1895.

a fallu établir beaucoup de genres nouveaux. C'est là vraiment qu'est le type marin du système, et on le retrouve encore sur le sud du Pacifique, près de Vladivostock (1).

La géologie quaternaire de la Suède. — De tous les pays de l'Europe, il n'en est aucun sur lequel l'empreinte des diverses phases de l'époque quaternaire soit mieux marquée qu'elle ne l'est en Scandinavie. C'est là, mieux que partout ailleurs, qu'on peut dater les divers épisodes, glaciaires ou marins, de cette intéressante époque.

Il manquait une coordination tout à fait récente des nombreuses publications qui ont été faites dans ces dernières années sur ce sujet ; coordination d'autant plus nécessaire que les publications en question, écrites en suédois ou en danois, sont éparses dans des recueils difficilement accessibles. C'est l'œuvre qui vient d'être entreprise par M. Nathorst dans son bel ouvrage sur la géologie de la Suède (2). A la vérité, la difficulté tenant à la langue y subsiste ; mais c'est déjà beaucoup d'y trouver une analyse aussi bien faite de documents nombreux et importants. Ajoutons que M. de Geer a communiqué à l'auteur plusieurs cartes qui facilitent beaucoup l'intelligence du texte.

Nous appellerons surtout l'attention sur les chapitres relatifs à la fin de l'époque glaciaire et à ce qui a immédiatement suivi.

Au moment du départ des glaces, une submersion du sol scandinave a amené la formation de dépôts marins, dont la caractéristique est la présence de débris d'animaux franchement arctiques, tels que *Yoldia arctica, Cyprina islandica*, etc. En dressant la carte de ces dépôts, on reconnaît qu'une mer, dite *mer à Yoldia*, empiétait un peu sur le littoral de la Norvège et, noyant sous ses eaux l'emplacement des lacs Venern, Hjelmar, Mälar, submergeait presque toute la Finlande. C'est à cette invasion (qui peut-être a établi une jonction entre la Baltique et la mer Glaciale), que les lacs suédois doivent d'avoir dans leur faune des poissons et crustacés arctiques, ainsi que des phoques. A ce moment la Baltique entière était assez fortement salée pour nourrir des huîtres.

En même temps, la terre ferme portait une végétation franchement arctique, avec *Salix polaris* et *Dryas octopetala*.

Après cet épisode, la région s'est soulevée, les détroits danois

(1) Mém. Comité géol. russe, XIV (1895).
(2) *Sveriges Geologi*, Stockholm, (1895).

se sont fermés, et un lac a pris la place de l'ancienne mer orientale, s'avançant encore jusqu'à l'extrémité du Ladoga. M. Nathorst l'appelle *lac à Ancylus*, parce que les dépôts de ses bords renferment en abondance *Ancylus fluviatilis*. Au même moment le continent voisin se couvrait de pins, puis de chênes, dont les débris s'entassaient dans les tourbières de l'époque. Le lac, d'après M. de Geer, ne couvrait pas moins de 570 000 kilomètres carrés.

Mais au moment où le chêne allait faire place au sapin, les détroits danois se sont ouverts, et le lac Baltique est devenu assez salé pour que *Cardium edule* pût vivre dans le sud, et *Littorina littorea* dans le nord. Chose curieuse ! cette mer postglaciale montait beaucoup plus haut en Bothnie qu'au sud. Ses traces, qui ne s'observent que jusqu'à 25 ou 27 mètres d'altitude près de Gothland, s'élèvent à 77 devant Sundsvall et à 100 près d'Hernösand. C'est l'époque où les huîtres pouvaient encore vivre dans les détroits, et servir à la nourriture de l'homme qui contruisait les tertres dits *kjökkenmöddinger* ou *déchets de cuisine*.

Bientôt, sans doute, par suite d'un exhaussement des détroits, la Baltique a commencé à se dessaler. En même temps le sol se relevait, si bien que les dépôts à *Yoldia* s'observent aujourd'hui au nord du Venern, jusque par 190 mètres au-dessus de la mer. M. de Geer, on le sait, a tracé les courbes d'égal soulèvement ou isoanabases de ces dépôts, d'où il résulte que, nul à Copenhague et à St-Pétersbourg, l'exhaussement aurait atteint 240 mètres entre le fond du golfe de Bothnie et Hernösand, son maximum coïncidant à peu près avec une ligne qui joindrait le cap Nord à Christiania.

D'autre part, M. Sieger a donné (1) et M. Nathorst reproduit une carte des *isobases* ou lignes d'égal soulèvement séculaire pour l'époque historique. Il résulterait de cette carte que, l'axe de la Baltique proprement dite et du golfe de Finlande demeurant immobile, tout le reste du pays continue à s'exhausser, d'autant plus fort qu'on approche davantage de l'axe orographique de la péninsule. L'amplitude du mouvement, aux environs de Stockholm, ne serait pas inférieure à 47 centimètres par siècle.

La structure du bassin houiller franco-belge. — La structure du bassin houiller franco-belge a fait, dans ces deux dernières années, l'objet de travaux d'une grande importance.

(1) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin, 1893.

En 1894, M. Briart (1) avait publié une coupe du bassin de Charleroi, où il montrait, non par des considérations hypothétiques, mais par des coupes précises, empruntées à des exploitations et à des soudages, qu'une portion du terrain houiller exploitable, affleurant à la surface entre Charleroi et Landelies, faisait partie, en réalité, du lambeau de recouvrement qui, glissant sur la faille du midi, est venu jeter, sur le terrain houiller en place, un ensemble d'assises dévoniennes et carbonifériennes.

Partant de ce fait, M. Marcel Bertrand (2) a montré qu'il en pouvait résulter une conception tout à fait nouvelle, et en même temps absolument rationnelle, de la structure, jusqu'alors si problématique, des bassins du nord. En effet, il suffit de considérer les lambeaux de recouvrement, bien connus sur toute la bordure méridionale, comme les restes d'un *pli déversé,* dont le flanc nord contenait originairement toute la série, du dévonien inférieur au houiller productif. Dans la poussée qui a produit le déversement, le paquet aurait glissé sur la faille du midi, perdant par laminage une partie de son contenu, mais entraînant parfois du terrain houiller proprement dit ; auquel cas la jonction de ce dernier avec le bassin demeuré en place s'opère suivant un plan de rupture, qui constitue précisément l'accident bien connu sous le nom de *cran de retour.*

Partant de là, M. Bertrand a donné une coupe générale du bassin, où il fait voir que, suivant l'amplitude des érosions qui en ont atteint la surface, on peut obtenir successivement, soit les circonstances du bassin de Denain, soit celles de Dour, ou bien les coupes de Landelies, de Lens, de Fléchinelle, enfin celle du Boulonnais.

Le grand intérêt de ces considérations, c'est qu'on doit retrouver, au-dessous des couches emportées le long du *cran de retour* et de la faille du midi, le vrai bassin en place, comprenant dans son centre les houilles à gaz, qui sont réputées manquer dans le nord. Contrairement à l'ancienne conception, qui ferait de la région houillère du nord une partie plus profondément dénudée que celle du Pas-de-Calais, ce serait au contraire un massif mieux respecté par l'érosion, et où un grand paquet de recouvrement masquerait, dans la profondeur, les couches considérées comme absentes.

(1) *Géologie des environs de Fontaine-l'Évêque et de Landelies,* Liége, 1894.

(2) Annales des mines, 9e série, V, p. 569.

A la vérité, pour ce qui concerne Denain, la profondeur à laquelle il faudrait aller chercher ce système en place serait probablement trop considérable pour en permettre l'exploitation. Mais ailleurs il peut en être autrement, et, en tous cas, on ne peut qu'accueillir avec faveur cette ingénieuse explication ; car elle groupe autour d'une même idée nombre de faits jugés discordants, et fournit la raison plausible de ce *cran de retour,* qui demeurait une des énigmes de la géologie houillère.

Le Mont Blanc. — Le mont Blanc avait passé jusqu'ici pour le type de la *structure en éventail.* Tous les géologues qui avaient exploré la montagne s'accordaient à reconnaître que, aussi bien la protogine du centre du massif que les schistes protoginiques des bords se divisait en feuillets, qui plongeaient toujours un peu vers l'axe du mont Blanc, que ce fût sur le versant français ou sur le versant italien.

Comme d'ailleurs la division en feuillets verticaux d'une roche éruptive telle que la protogine ne pouvait s'expliquer que par un laminage, on admettait communément l'hypothèse suivante : Lors de la poussée qui a fait surgir la protogine, depuis longtemps solidifiée, cette roche et les schistes encaissants, serrés comme dans un étau pendant la surrection, s'étaient laminés ; et la poussée au vide avait déversé légèrement vers le dehors les feuillets produits, comme se déversent les épis d'une gerbe serrée en son milieu.

Depuis longtemps cependant. Alphonse Favre n'avait pas hésité à signaler le danger d'une telle généralisation, alors que les observations faites au voisinage de la cime étaient encore si rares. Et dressant une coupe à l'échelle, où il n'avait figuré géologiquement que les parties *réellement* connues, il faisait bien ressortir que ces parties ne formaient guère qu'une mince pellicule, dont il n'était pas prouvé que l'allure se prolongeât en profondeur.

Dans ces dernières années, M. Joseph Vallot, l'intrépide et persévérant observateur du mont Blanc, le constructeur de l'observatoire des Bosses, a constaté que la composition de la montagne était moins simple qu'on ne l'avait admis. Au voisinage du sommet, il a rencontré en plus d'un point des schistes, exempts de protogine, et autorisant la conclusion que, sous son manteau neigeux, la cime a pu conserver une partie de la

couverture schisteuse sous laquelle la protogine avait été autrefois injectée (1).

Des explorations plus récentes de MM. Vallot, Marcel Bertrand et Ritter permettront de compléter prochainement ces données nouvelles. Mais avant d'en parler, il convient d'attendre qu'elles aient fait l'objet d'une publication.

La Lherzolite des Pyrénées. — On sait combien il est souvent difficile, dans les montagnes, de déterminer les relations exactes d'une roche éruptive avec les terrains avoisinants. C'est ainsi qu'autrefois, à la suite d'observations trop rapides, on avait décrit, comme perçant le jurassique des Pyrénées, un granite en réalité ancien, et dont les couches jurassiques contiennent des débris, stratifiés dans leur masse.

La même incertitude a longtemps pesé, dans cette région, sur les circonstances de l'éruption de la curieuse roche basique granitoïde connue sous le nom de *lherzolite*. Mais la question vient d'être tranchée par M. Lacroix (2). Le savant professeur du Muséum n'est pas de ceux qui se contentent d'une visite hâtive. Il dresse sa tente au cœur de la montagne, explore à fond tous les abords des gisements, et ne les quitte que quand il a recueilli des échantillons probants.

De cette manière, M. Lacroix a fait voir que la lherzolite forme une bosse intrusive au milieu d'un calcaire noir liasique, lequel, au contact immédiat, a perdu sa schistosité, et a été transformé en un calcaire blanc à très grands éléments, riche en microcline, amphibole, mica, dipyre, etc. D'autres fois, la lherzolite a changé des couches argilo-calcaires en cornéennes. Mais sa sortie est antérieure à la formation des brèches calcaires, parfois à éléments lherzolitiques, qui dans le pays forment la base du jurassique supérieur.

M. Lacroix a constaté que les phénomènes de contact des ophites pyrénéennes présentaient la plus grande ressemblance avec ceux de la lherzolite, et accusaient surtout l'intervention de fumerolles et d'émanations thermales. Avec le dipyre, la tourmaline, l'albite, le rutile, font partie des minéraux ainsi engendrés.

L'intervention de la chaleur est prouvée par la décoloration

(1). Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1894.

(2) Bulletin des services de la carte géologique de France, nº 42. 1895.

des sédiments, dont la matière organique a disparu et ne se montre plus qu'à quelques centaines de mètres du contact. Mais la température ne paraît pas avoir été très élevée.

La Géologie du Labrador. — Jusqu'ici les cartes géologiques étaient obligées de laisser en blanc l'intérieur du Labrador, cette vaste contrée qui s'étend de Terre-Neuve à la baie d'Hudson. Seuls, les rivages étaient coloriés en archéen, et l'on pouvait penser que cette formation s'étendait sur tout le pays.

Le voyage entrepris par M. Low (1), géologue canadien, a montré qu'il n'en était pas ainsi. De la baie d'Urgava jusqu'aux sources de l'East Main River et au lac Koniapiscow (situé par environ 540 mètres d'altitude), se poursuit une large bande de terrain précambrien, où dominent, comme aux bords du lac Huron, les grandes masses de minerai de fer, hématite, sidérose, fer spathique et jaspe. Ces minerais sont encadrés dans un puissant ensemble de grès, conglomérats et schistes, avec calcaires.

De plus, M. Low a constaté que les stries glaciaires de la contrée *divergent toutes* à partir du centre orographique, et que la vallée de la rivière Hamilton, une fois creusée, a dû être remblayée par des dépôts morainiques, à travers lesquels le cours d'eau actuel n'a pas encore retrouvé son ancienne profondeur.

Les dépôts marins, accusant un soulèvement postglaciaire, ne dépassent par 60 mètres d'altitude à l'embouchure de l'Hamilton, et cette hauteur diminue vers le nord. Une fois de plus il se vérifie que les contrées septentrionales ont été couvertes, non par une calotte de glaces partant du pôle, mais par des accumulations originaires de certains centres déterminés.

A. de Lapparent.

(1) Voir Petermann's mitteilungen, 1895, p. 143.

BOTANIQUE.

—

Membranes cellulaires végétales. — Jusque dans ces dernières années, on avait fait beaucoup trop grande la part de la cellulose dans la composition des membranes cellulaires végétales.

Sans parler des substances minérales et des matières organiques incrustantes, on voit souvent se placer à côté de la cellulose, ou entrer en mélange intime avec elle, ou même s'y substituer complètement, des substances que le défaut de réactifs spécifiques connus empêchait de démêler.

C'est un des mérites de Mangin d'avoir recherché et précisé les caractères microchimiques de ces substances et d'en avoir fait connaître des réactions de coloration et autres propres à les signaler et à les distinguer.

Tel est le cas pour les composés pectiques et la callose dont certaines propriétés communes entretenaient la confusion avec la cellulose, et cela d'autant plus que, à défaut de données plus exactes, on se laissait aller à attribuer, malgré l'équivoque, à la cellulose pure des réactions qui effectivement n'appartiennent qu'aux mélanges de ces produits variés.

Notre intention n'est pas d'entrer dans le détail de ces recherches microchimiques disséminées de 1891 à 1894 dans le *Journal de botanique*, les *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris* et le *Bulletin de la Société botanique de France*. A s'en tenir aux résultats les plus généraux, il y a lieu de signaler l'importance des composés pectiques dont la forme initiale pourrait être la pectose, corps inerte facile à transformer, même par les réactifs microchimiques usuels, en corps solubles ou gélatineux tels que l'acide pectique, la pectine et finalement l'acide métapectique, produit ultime de la transformation, qui semble lui-même devoir être identifié avec l'acide arabique.

Dans les méristèmes et dans les tissus mous, parenchyme cortical, liber, collenchyme, etc., la pectose serait intimement fusionnée avec la cellulose dans toute l'épaisseur de la membrane cellulaire, au point de permettre à celle-ci de conserver sa forme et même son aspect extérieur après dissolution et élimination par le réactif de *Schweizer* de toute la cellulose.

L'acide pectique, sous forme surtout de pectate de chaux, con-

stituerait la membrane primaire, ou la substance intercellulaire de certains auteurs, avec les épaississements et les excroissances que cette espèce de ciment forme fréquemment dans les méats. Il en résulte naturellement que la dissociation des tissus peut être provoquée par tout traitement capable de transformer les pectates insolubles en pectates solubles, ou d'en mettre en liberté l'acide pectique. Tels, l'action successive à froid d'un acide dilué et des alcalis ou des sels alcalins, l'ébullition dans une solution faible de soude ou de potasse, l'ébullition prolongée dans l'eau pure, ou l'action d'organismes, tels que le *Bacillus amylobacter,* qui peuvent se développer aux dépens des composés pectiques.

Quelle serait, d'après cela, la nature de la mince cloison qui sépare les deux cellules-filles, dès que la division de la cellule-mère s'est opérée ? Son extrême délicatesse rend l'observation ardue et conséquemment la réponse difficile. Néanmoins, Mangin penche à croire qu'elle serait primitivement formée de pectates insolubles, mais très rapidement doublée de couches celluloso-pectosiques. Plus tard, sous l'influence du protoplasme sans doute, la pectose des couches d'épaississement serait progressivement refoulée vers l'extérieur après transformation en acide pectique. Celui-ci passerait à l'état de pectate pour grossir les lamelles de substance unissante, et c'est la gélatinisation locale de celle-ci qui permettrait la disjonction partielle des cellules pour produire les méats.

Un autre point mis en relief par les travaux de Mangin, c'est l'intervention beaucoup plus généralisée qu'on ne le pensait de la callose dans la constitution des membranes, aussi bien chez les végétaux vasculaires que dans les champignons, où elle est, du reste, beaucoup plus fréquente. Indépendamment de sa présence connue depuis longtemps dans les tubes criblés, où elle n'est généralement que transitoire, et dans les cellules épidermiques, là surtout où se localisent les incrustations calcaires, soit à l'état diffus, soit à l'état cristallin, la callose se trouverait souvent dans d'autres tissus, surtout à la suite d'un traumatisme occasionné par une cause quelconque et même par le parasitisme des champignons.

Dans les champignons, la question se compliquerait de l'absence de caractères communs pour la membrane, même dans les limites d'un groupe parfaitement défini d'ailleurs. Les composés pectiques, la callose, la cellulose s'y rencontreraient, tantôt ici, tantôt

là, parfois à l'état plus ou moins pur, plus souvent à l'état de mélanges divers et variables d'un organe à l'autre.

La cellulose serait loin de s'y montrer partout, à titre de fond commun, comme chez les végétaux supérieurs. La callose y occuperait une place plus importante que dans les phanérogames, etc. C'est possible : c'est même vrai sans doute dans une large mesure ; mais est-ce bien là le dernier mot de la question ? Nous ne le croyons pas, car nous ne pouvons admettre que la microchimie soit actuellement en état de débrouiller adéquatement la complexité de ces produits organiques où se dissimulent sans doute encore tant de substances dont la macrochimie n'a pu s'emparer jusqu'ici pour les définir sans équivoque et en créer l'individualité.

Ainsi, il a suffi à E. Gilson (1) de soumettre à l'analyse deux espèces de champignons, la *Claviceps purpurea* et l'*Agaricus campestris*, pour en extraire une substance que l'auteur désigne sous le nom de mycosine, dont la composition centésimale autoriserait la formule $C_{14}H_{28}N_2O_{10}$ ou une autre s'en rapprochant très fort, et qui paraît devoir être un dérivé azoté des hydrates de carbone, peut-être la méthylglycosamine $C_7H_{15}NO_5$, ce que l'étude de la structure moléculaire de ce produit pourrait seule faire connaître.

La mycosine se colore en rose violacé par l'iode en présence des acides. Cette substance, combinée avec d'autres dans la membrane, mais susceptible d'être mise en liberté par la potasse, n'a-t-elle pas été prise pour de la cellulose quand, en suite de l'action de la potasse sur la membrane de certains champignons, on a vu celle-ci se colorer en bleu violacé sous l'influence des réactifs iodés ?

On pourrait multiplier les exemples de ce genre.

D'autre part, que sont exactement les composés pectiques ou les hémi-celluloses de certains auteurs ? Le même chimiste en aurait isolé une, la paramannane, trouvée dans les membranes de l'endosperme de la graine de café, où son mélange avec la cellulose avait été désigné d'abord sous le nom de mannoso-cellulose. L'analyse lui ferait attribuer la formule $C_{12}H_{22}O_{11}$ ou un multiple de celle-là. Ce corps, obtenu à l'état vaguement cristallin par l'auteur cité, serait encore le seul dont l'individualité chimique

(1) E. Gilson. *Recherches chimiques sur la membrane cellulaire des Champignons.* La Cellule, t. XI.

serait près d'être établie. les autres n'étant encore connus que par les glycoses auxquelles ils donnent naissance par hydratation.

Bref, si avancée qu'elle soit, la microchimie reste impuissante à résoudre à elle seule ces questions.

Si l'on ne savait la difficulté de ces recherches, on pourrait regretter que les chimistes ne les aient pas plus largement abordées, pour fournir aux biologistes les faits primordiaux qu'ils ne peuvent atteindre et dont l'ignorance arrête les progrès.

Noyau cellulaire. — Faut-il admettre que toute cellule ait au moins un noyau ? Non, évidemment, si la question est posée d'une manière absolue. On sait en effet, pour l'avoir constaté dans des objets variés, que le noyau fait accidentellement défaut dans des cellules dont les pareilles n'en manquent pas normalement. Mais ce sont là des cas pathologiques, peut-on dire. On n'ignore pas du reste que, chez ces cellules, la vitalité est réduite, l'existence peu durable, la multiplication impossible.

La question ne se pose pas non plus pour les cellules suffisamment élevées en organisation: ce sont, comme on sait, de beaucoup les plus nombreuses. Chez elles la différenciation suffisante des éléments constitutifs permet toujours aisément la reconnaissance d'un ou parfois de plusieurs noyaux doués de caractères certains.

Mais en est-il de même dans les cellules les plus dégradées. pourrait-on dire, comme les bactéries et les levures, où la petitesse et l'absence de différenciation apparente autorise le doute et le laisse persister aussi longtemps que n'intervient pas une démonstration rigoureuse du fait ?

L'importance du rôle joué par le noyau dans la vie cellulaire, et spécialement dans la multiplication des cellules, semble impliquer, *à priori*, la présence de cet élément même dans les cellules qui, pour plus petites qu'elles soient et pour plus dégradées qu'elles paraissent, n'en présentent pas moins toutes les manifestations vitales essentielles.

Aussi, plusieurs savants, Mœller, Nils Sjöbring, Zukal, Ernst, et avant eux Bütschli et Zettnow, se sont-ils imposé la tâche de rechercher cet élément et d'en rendre manifestes la forme et les caractères, au moyen de procédés techniques appropriés. Ont-ils réussi ? Plusieurs l'affirment et on le croirait volontiers avec eux, si l'indécision n'était entretenue par leurs divergences de vues, quand il s'agit d'interpréter les résultats obtenus par des techniques variées où les procédés de coloration ont tout naturellement une part prépondérante. Ce qu'on regrette encore, c'est l'ab-

sence d'autres caractères qui feraient accepter sûrement pour de véritables noyaux les granulations colorées dont on fait état.

Tout au moins faut-il reconnaître que ces recherches ont déjà jeté beaucoup de lumière sur l'organisation intime, si peu scrutée jusqu'ici, de ces organismes inférieurs. Peut-être même renferment-elles déjà la solution définitive, qui sans doute s'en dégagera bientôt plus clairement.

Effets de la lumière électrique continue sur les végétaux. — Grâce aux installations électriques mises à sa disposition par la ville de Paris, G. Bonnier (1) a pu suivre, pendant une durée beaucoup plus longue que ses prédécesseurs, l'influence sur la végétation de l'éclairement électrique maintenu sans discontinuité, ou simplement substitué à l'éclairement solaire avec les périodes de repos que celui-ci comporte naturellement.

Il a opéré sur un nombre assez considérable de plantes variées, distribuées en quatre lots aussi semblables que possible et cultivées dans les mêmes conditions de température et d'humidité de l'air et du sol. Seules les conditions d'éclairement changeaient.

Le premier lot était soumis à un éclairement électrique continu ; le second, au même éclairement, de 6 heures du matin à 6 heures du soir, et à l'obscurité de 6 heures du soir à 6 heures du matin ; le troisième, aux conditions ordinaires d'éclairement solaire diurne et de repos nocturne : le quatrième était maintenu constamment à l'obscurité.

L'auteur tire lui-même de ses expériences les conclusions suivantes sur les modifications introduites dans les végétaux à la lumière électrique continue :

" 1°. La chlorophylle est plus développée et plus uniformément répandue dans toutes les cellules qui en contiennent à l'éclairement normal. De plus, les grains de chlorophylle peuvent même apparaître dans les éléments qui n'en contiennent pas à l'état normal, dans l'écorce jusqu'à l'endoderme, ou même dans les rayons médullaires, dans la moelle, parfois jusqu'aux cellules centrales de la moelle.

„ 2°. La structure du limbe de la feuille est simplifiée : le tissu en palissade est moins marqué ou disparaît totalement, l'épiderme a des cellules moins épaisses, les cellules corticales perdent

(1) G. Bonnier. *Influence de la lumière électrique continue sur la forme et la structure des plantes.* Revue générale de botanique, 1895.

leurs différenciations spéciales (transformation en sclérenchyme des Fougères, réduplication de la membrane des cellules corticales des feuilles de Pin, etc.).

„ 3°. La structure de la tige est simplifiée : l'écorce est moins nettement divisée en deux zones différentes ou même a tous les éléments semblables ; le liège est tardif ou peu développé, l'endoderme est moins net, ou même n'est plus distinct des cellules voisines ; le tissu cortical, le tissu des rayons médullaires et le tissu de la moelle sont formés d'éléments qui se ressemblent plus entre eux ; la sclérification et la lignification du péricycle ou des fibres du bois s'atténuent ou disparaissent totalement ; le calibre intérieur des vaisseaux est souvent plus grand ; la zone périmédullaire et le liber sont moins différenciés. „

L'action continue de la lumière électrique produit donc une sorte d'étiolement vert, caractérisé en même temps par la surabondance de la chlorophylle et la simplicité de la structure.

A la lumière électrique discontinue, la structure des végétaux se rapproche plus de la structure à la lumière solaire discontinue qu'à celle à la lumière électrique continue. Sauf le verdissement, elle est intermédiaire entre la structure normale et celle que cause l'obscurité continue.

Au point de vue de l'anatomie générale des végétaux, certains résultats de ces expériences suggèrent la possibilité d'établir, en quelque sorte expérimentalement, la subordination des caractères anatomiques en montrant quels sont les plus constants.

Ainsi, il a été observé que la lignification des vaisseaux du bois est à peine réduite, alors que celle des fibres du péricycle et des fibres ligneuses est complètement abolie ; que, dans la feuille du Pin, les replis caractéristiques des cellules de l'écorce disparaissent avant que la différenciation du bois soit entamée ; que la sclérification des tissus corticaux sous-épidermiques est fort inconstante ; que les caractères distinctifs de l'endoderme et du péricycle s'atténuent aisément, etc.

Si l'on modifie l'intensité de l'éclairement électrique discontinu, les modifications de structure, sans être aussi marquées, sont cependant analogues à celles que produisent les variations d'intensité de l'éclairement solaire. Une intensité plus grande renforce la cuticule, développe le tissu palissadique des feuilles, épaissit celles-ci, multiplie les stomates, etc.

A la même intensité, l'éclairement discontinu produit une différenciation plus grande que l'éclairement continu, ce qui prouve que la différenciation diminue du chef seul de la continuité de l'éclairement.

Enfin, l'auteur avait déjà montré antérieurement les différences de structure notables, d'après leur provenance, entre les plantes de mêmes espèces communes à la région arctique et à la région alpine de nos montagnes. Certaines de ces plantes, *Saxifraga oppositifolia*, *Silene acaulis*, *Salix reticulata*, provenant des Alpes et cultivées dans un air humide, à une température de 8° à 10° et à la lumière électrique continue peu intense, ont pris les caractères morphologiques et histologiques qu'elles présentent dans les régions arctiques, dont les conditions générales de milieu physique avaient ainsi été réalisées dans une certaine mesure.

Germination des graines. Graines oléagineuses. — Après un grand nombre d'observateurs, Sachs, Fleury, Detmer, Muntz, Schmidt et Mesnard, Leclercq du Sablon (1) vient de reprendre l'étude de la germination des graines oléagineuses.

Ses objets d'étude sont le ricin, le chanvre, le colza, le lin, le pavot, l'arachide et le soja. Il y dose à des intervalles rapprochés, pendant la durée de la germination, les matières grasses, les hydrates de carbone solubles dans l'alcool à 85°, glycoses et saccharoses, les hydrates de carbone insolubles dans l'alcool. Ces dosages sont faits simultanément sur la graine entière, sur la plantule seule, sur l'endosperme seul, soit que celui-ci ait été maintenu adhérent à l'embryon, soit qu'il en ait été détaché préalablement dans certaines expériences pour être mis isolément dans les conditions physiques de la germination.

On sait que la proportion d'huile décroît régulièrement dans la graine pendant toute la période germinative ; le fait a été bien des fois constaté.

Le mode de disparition de cette huile est moins bien connu.

L'auteur pense qu'il existe dans la graine une diastase, qu'il n'a pu d'ailleurs isoler, capable de donner naissance à des acides gras aux dépens de l'huile sans mettre de la glycérine en liberté. Pour formuler cette opinion, il s'appuie sur ce fait que, si l'on abandonne pendant 24 heures, dans une étuve à 20°, des graines de ricin pilées et délayées dans un peu d'eau, on y trouve une grande quantité d'acides gras proportionnelle à la quantité d'huile disparue ; mais la glycérine fait complètement défaut. Ce ne serait pas un simple phénomène d'oxydation au contact de l'air, car des graines desséchées à 45°, pilées et laissées en

(1) Leclercq du Sablon. *Recherches sur la germination des graines oléagineuses.* REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE, 1895.

contact avec l'air, sans eau, comme témoins, accusent à peine une légère production d'acides gras ; ce ne serait pas non plus une simple saponification, car la glycérine n'est pas mise en liberté. Le fait serait dû à une véritable fermentation.

Les acides gras mis en liberté sont transformés pour donner naissance à des hydrates de carbone ; mais ceux-ci ne sont pas utilisés complètement de suite après leur production, car on en trouve toujours en quantité notable dans la graine.

La quantité d'acides gras libres varierait beaucoup suivant les graines mises en expérience. Le colza et le lin en renfermeraient beaucoup plus que l'arachide. Dans certaines graines (ricin, lin, arachide), la proportion d'acides gras, par rapport à la substance sèche analysée, croît constamment pendant la période germinative. Dans d'autres (ricin, colza, pavot), la proportion d'acides gras passe par un maximum, mais la proportion d'acides gras par rapport à l'huile neutre croît constamment.

La transformation des acides gras en hydrates de carbone serait le résultat de l'activité du protoplasme liée à l'action respiratoire, sans intervention de diastase. On sait, en effet, en suite des expériences de Bonnier et de Mangin, que le rapport entre le volume d'anhydride carbonique émis et d'oxygène absorbé pendant la germination des graines oléagineuses, est supérieur à l'unité, ce qui accuse une utilisation interne de l'oxygène absorbé supérieure à la normale.

Le premier produit d'oxydation des corps gras, ainsi réalisé, serait un sucre non réducteur, une sorte de saccharose. Cette saccharose serait ensuite transformée en glycose par une diastase et assimilée par la plantule sous cette dernière forme seulement, car la graine de ricin présente d'abord dans l'albumen beaucoup de saccharose et peu de glycose ; plus tard la proportion de saccharose diminue et celle de glycose augmente, pendant que la plantule, nourrie aux dépens de l'albumen, ne présente que de la glycose.

L'amidon qui se forme en petite quantité pendant la germination des graines oléagineuses ne serait pas un intermédiaire obligé entre l'huile et la glycose, mais bien plutôt une réserve provisoire.

La saccharose, que l'on trouve souvent en quantité notable dans les graines oléagineuses, avant la germination, n'y serait non plus qu'à titre de réserve, pour être utilisée sous forme de glycose, après interversion, pendant la germination.

Dans la graine de ricin, la germination de l'albumen séparé de

l'embryon présente les même réactions que dans la germination normale, seulement les réactions s'y succèdent plus rapidement.

Des expériences inverses, ayant pour objet les graines jeunes en voie d'évolution vers la maturité complète, ont permis à l'auteur de constater que les sucres, d'abord abondants, y disparaissent peu à peu, à mesure que la proportion d'huile augmente.

Ainsi se trouve confirmée une fois de plus la notion, déjà généralement acceptée d'ailleurs, que l'huile et l'amidon jouent dans les graines un rôle comparable et peuvent même se remplacer dans des espèces voisines. Ce sont là les deux formes par excellence sous lesquelles les matières ternaires se mettent en réserve ; à la germination, les deux produits donnent par des processus différents de transformation les mêmes produits assimilables par la plantule.

Graines à albumen gélatineux. — Le même auteur (1), dans un second travail publié aussi dans le recueil déjà cité, a porté ses recherches sur la digestion des albumens gélatineux, comme en présentent certaines légumineuses : *Gleditschia triacanthos, Sophora japonica,* où les matières de réserve s'accumulent surtout dans les membranes épaisses et gélifiées des membranes endospermiques. Tout en suivant la transformation des produits dans la germination normale, l'auteur s'est de plus attaché, comme pour certaines graines oléagineuses, aux résultats obtenus dans des germinations fractionnées où l'albumen et les plantules étaient mis séparément dans des conditions favorables de germination.

Un premier point élucidé par ces expériences serait l'existence dans l'albumen d'une diastase lui permettant de germer isolément et d'opérer au moins partiellement la digestion de ses matières de réserve.

Il s'y forme en effet de la glycose aux dépens des membranes gélifiées. La glycose ainsi formée ne serait pourtant pas assimilée sous cette forme par la plantule, car celle-ci n'en renferme pas dans la germination normale. Par contre, on y trouve toujours un hydrate de carbone analogue aux dextrines, qui serait assimilé directement et qui serait le produit principal de la digestion des réserves gélatineuses de l'albumen.

(1) Leclercq du Sablon : *Sur la digestion des albumens gélatineux,* loc. cit.

La saccharose, abondante surtout dans les plantules non germées, y jouerait le rôle de réserve et ne se formerait qu'en très faible quantité dans la germination de l'albumen.

Un nouveau chou fourrager. — Dans un dernier bulletin (avril 1895), nous avons tâché d'intéresser le lecteur aux recherches récentes sur la greffe des plantes herbacées, et en particulier à celles de Daniel, qui laissaient entrevoir pour l'avenir certains résultats pratiques utiles.

Malgré les exemples déjà connus du contraire, on admettait auparavant, d'une manière trop exclusive, l'indépendance du greffon vis-à-vis du sujet ; en d'autres termes, on restreignait trop l'influence du sujet sur le greffon.

S'il est vrai cependant que le sol, les conditions climatériques, les soins de culture, etc., créent et entretiennent des variétés, pourquoi refuser d'une manière si radicale à la greffe, dont le sujet constitue pour le greffon un milieu si spécial, si différent du milieu naturel, une influence qu'exercent parfois de simples procédés culturaux ?

Sans doute, toutes les espèces ne sont pas également plastiques, toutes ne se laissent pas pétrir comme une cire molle entre les mains des expérimentateurs patients ; beaucoup se montrent, quoi qu'on fasse, invariablement revêches à toute variation importante, et la greffe peut n'avoir pas sur elles plus d'action que les pratiques variées de culture.

Trop exclusivement aussi on limitait les applications de la greffe aux espèces ligneuses, en raison de leur utilité immédiate.

La lenteur du développement de ces plantes, la longue attente de leurs fruits et de leurs graines, la rareté des semis, sont autant de raisons qui peut-être ont empêché d'enregistrer des résultats que l'on aurait pu obtenir, si l'on avait pu suivre avec plus d'attention la descendance séminale des individus greffés.

L'étude se simplifie quand il s'agit d'espèces herbacées annuelles ou bisannuelles, dont la descendance peut être aisément suivie par le même observateur dans l'intervalle de quelques années, durée suffisante pour se convaincre du succès ou de l'insuccès de l'entreprise.

Aussi, à la suite de ses expériences de courte durée, Daniel pouvait-il déjà publier cette conclusion : Les graines fournies par un greffon posé sur des sujets variés donnent souvent naissance à des plantes qui, à des degrés divers, participent à la fois du greffon et du sujet qui l'a nourri.

La plasticité du chou, sa variabilité témoignée par le nombre considérable de ses variétés actuelles, désignait tout naturellement cette espèce pour des essais de ce genre. Les tentatives faites dans cette voie et dans des vues utilitaires par Daniel n'auraient pas été vaines, si les résultats qu'il accuse dans une note (1) publiée dernièrement se confirment.

Ayant greffé sur chou-cabus, variété dite chou de Mortagne, très peu sensible aux rigueurs de l'hiver, le chou-rave, représenté par un rameau floral dont les boutons n'étaient pas encore visibles, pour empêcher la coulure, il en obtint des fleurs, qu'il préserva, grâce à certaines mesures, de la visite des insectes, et plus tard des graines mûres exemptes d'hybridation.

Ces graines récoltées en 1893 ont été semées en mars 1894, en même temps et dans les mêmes conditions que des moelliers, choux-gras, poitevins, rutabagas, choux branchus et choux-verts.

Toutes ces variétés ont été repiquées ensemble, dans le même sol, côte à côte, après qu'on en eut fait deux lots, dont l'un fut planté sur un terrain exposé au nord, l'autre sur un terrain orienté au midi, le but de l'expérimentateur étant de rechercher surtout le degré de résistance de ses nouveaux produits relativement aux autres variétés citées plus haut.

Avant l'hiver, Daniel a pu constater que ses nouveaux choux offraient une série de transitions entre le chou-rave et le chou-moellier, le tubercule étant moins gros, mais plus allongé et en forme de cône renversé. D'autre part, une moelle abondante, pleine, tendre, d'un goût sucré agréable, et des feuilles très nombreuses et serrées en faisaient déjà un produit très avantageux pour la nourriture du bétail.

Mais c'est surtout après l'hiver que ces avantages se sont traduits.

Alors que toutes les autres variétés avaient été victimes des rigueurs exceptionnelles de l'hiver dernier, soit qu'elles aient subi la pourriture en suite de l'humidité de l'automne, comme le moellier, soit qu'elles aient été plus ou moins complètement anéanties par les alternatives de gelée et de dégel, si funestes en général aux plantes d'hiver, particulièrement dans les cultures au midi, les choux nouveaux, tout en perdant leurs feuilles, résistèrent parfaitement, reprirent au printemps leur développement avec une grande vigueur et restèrent parfaite-

(1) L. Daniel. *Un Nouveau chou fourrager*. REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE, 1895.

ment utilisables pour l'alimentation du bétail, aussi bien par les formations nouvelles printanières que par la tige qui avait conservé toutes ses qualités et en particulier sa succulence.

L'auteur en a recueilli des graines préservées de toute hybridation. Si, comme il l'espère, la variété se reproduit avec les mêmes caractères et les mêmes propriétés, il aura réellement produit un chou-moellier de printemps, qu'il désigne dès maintenant sous le nom de Moellier du Comice, et qui serait appelé à rendre de grands services. dans certaines régions, pour l'alimentation des bestiaux pendant la période critique du printemps. alors que les fourrages verts sont si rares et d'autre part si utiles.

Outre qu'elle résiste parfaitement aux froids, cette variété fournit au printemps des pousses nombreuses, tendres, d'un goût parfait, qui pourraient être utilisées avantageusement comme brocolis-asperges et dont la culture maraîchère pourrait tirer grand parti.

Il n'est pas nécessaire d'aimer éperdument les choux, voire les brocolis-asperges, pour souscrire volontiers à ce vœu.

Orges de brasserie. — On sait que la valeur des orges pour les usages de la brasserie dépend de leur faible teneur en substances albuminoïdes. Les moins riches sont les plus recherchées.

Est-il possible de réduire cette teneur par des pratiques culturales ? Oui, répond Ientys, à la suite d'essais poursuivis pendant plusieurs années et publiés dans le *Bulletin de l'Académie des sciences de Cracovie.* Au dire de l'auteur, l'époque des semailles serait la cause principale de la plus ou moins grande quantité d'azote trouvée dans l'orge. En l'absence d'engrais chimiques, la proportion de matières protéiques se serait trouvée, en moyenne, de 2,39 p. c. supérieure dans les orges provenant de semailles tardives.

L'emploi des engrais azotés et surtout des engrais phosphatés serait cependant de nature à réduire notablement l'influence du retard des semailles et pourrait ramener à 0,82 p. c. l'enrichissement en azote du chef de ce retard.

L'effet de ces engrais sur les semailles hâtives serait généralement inverse et y déterminerait un enrichissement en azote.

Il en serait de même de la chaux, peut-être parce qu'elle favorise la formation de l'ammoniaque dans le sol.

ALPHONSE MEUNIER.

CHRONIQUE AGRICOLE.

—

Sommaire. — Le Congrès agricole de Bruxelles de 1895. — Le Congrès vétérinaire de Berne. — Tuberculine et maléïne. — Police sanitaire des animaux domestiques. — Stérilisation de la viande tuberculeuse. — Cartes agronomiques. — Analyse du sol par la plante et par les engrais incomplets. — Syndicats agricoles en France et en Belgique. — Session annuelle de la Société des agriculteurs de France et de la Société nationale d'agriculture. — Exposition agricole de Cologne. — L'enseignement agricole primaire. — Progrès de l'enseignement agricole en Belgique. — Cours d'agronomie, de laiterie, écoles ménagères, écoles volantes. — L'Agriculture au Canada. La Ferme expérimentale d'Ottawa. Les " *Reports of the Dairy Industry* „. *Experiment Station Record* de Washington. — Opinion de la presse agricole américaine sur notre enseignement agricole. — Les parasites de l'agriculture au Canada, aux États-Unis et en Belgique.— Destruction du ver de la pomme et de la prune par le *vert* de Paris. — Commission internationale pour la protection des oiseaux insectivores. — Statistique agricole pour 1895.

Le Congrès agricole international s'est réuni l'année dernière à Bruxelles, et avait attiré dans cette capitale bon nombre d'agronomes étrangers.

Il était divisé en dix sections, et plus de quatre-vingt-dix mémoires avaient été présentés et imprimés avant l'ouverture de la session.

Plusieurs vœux, très utiles à réaliser, ont été formulés par les sections, discutés et votés en assemblée générale, notamment : " Que l'emploi systématique de la *tuberculine* et de la *maléïne* constituent les moyens les plus sûrs de faire disparaître la tuberculose et la morve chez les animaux domestiques. „

Ces deux propositions, émanant de M. Nocard, l'illustre assistant de Pasteur, et mal accueillies jadis, ont été votées également à une écrasante majorité au *Congrès vétérinaire de Berne*, qui s'est ouvert au moment où le Congrès agricole de Bruxelles clôturait sa session (16 septembre), et où la Belgique était représentée par plusieurs inspecteurs et professeurs vétérinaires et par l'inspecteur général de l'agriculture.

Le Congrès agricole de Bruxelles a aussi arrêté les bases sur lesquelles il y a lieu d'organiser le service de la police sanitaire des animaux domestiques.

On sait que, pour mieux atteindre ce but, le département de l'agriculture a constitué un service spécial de vétérinaires inspec-

teurs, et que, nonobstant les réclamations de cultivateurs peu éclairés, d'excellents résultats pratiques ont déjà été obtenus. On peut prévoir l'époque où la tuberculose notamment n'existera plus dans nos étables, où elle faisait tant de ravages et contribuait pour une part sérieuse à répandre le redoutable germe dans les populations rurales.

Le Congrès international d'agriculture formule aussi le vœu de voir le gouvernement intervenir auprès des administrations intéressées pour les engager à installer des appareils à stériliser les viandes.

Saint-Nicolas est la première ville en Belgique qui a fait depuis lors l'acquisition d'un appareil à stériliser les viandes. Cet appareil a fonctionné récemment pour la première fois devant M. le bourgmestre Van Naemen, MM. les présidents et secrétaires de sociétés agricoles, les inspecteurs Remy, Stubbe du département de l'agriculture. L'opération a parfaitement réussi. La viande, soumise pendant trois heures à une température de 115° environ, a été retirée absolument cuite, ayant l'aspect d'un appétissant bouilli ; elle avait perdu environ 50 p. c. de son poids, mais on a recueilli 100 litres de bouillon excellent. La bête pesait, viande abattue, 210 kilos.

Toutes les personnes présentes ont goûté bouillon et bouilli, *coram populo*, afin de bien montrer qu'il n'y a aucun danger à cette dégustation ; puis on a procédé à la vente de la viande à raison de 50 centimes le kilo : en deux heures tout était vendu.

Les propriétaires d'animaux tuberculeux verront donc, à l'avenir, leurs pertes atténuées par l'installation de ces appareils à stériliser, et d'autre part il y aura là une source nouvelle de produits absolument sains d'alimentation à bon marché.

Comme on l'a fait observer déjà au Conseil supérieur de l'agriculture, dans ces conditions la viande provenant d'animaux tuberculeux constituera un excellent moyen de prévenir la tuberculose de l'homme, parce qu'elle permettra de remédier à l'insuffisance de l'alimentation des ouvriers agricoles qui, dans certaines régions de la Flandre et de la Campine, ne vivent guère que de pommes de terre (1).

Les *cartes agronomiques*, au même Congrès, ont fait l'objet d'un rapport de M. J. Pénard et d'une discussion à laquelle ont

(1) Journal de Bruxelles, 12 octobre 1895. *Hygiène et agriculture.*

pris part plusieurs chimistes agronomes et géologues belges et étrangers.

" *Conclusions :* Le Congrès international, félicitant la Société d'agriculture de Meaux de sa courageuse initiative, et adhérant au rapport de M. Pénard, reconnaît l'utilité incontestable des cartes agronomiques qui, donnant des indications exactes sur la constitution, la composition et les propriétés du sol, aident les cultivateurs à déterminer la nature des engrais à employer.

„ *Vœu :* Il est désirable que les cartes agronomiques, suivant la proposition faite par la Commission belge de 1890, indiquent d'une manière toute spéciale l'existence dans le sol et dans le sous-sol des principales substances utiles ou nuisibles à l'agriculture, l'existence et la profondeur des nappes souterraines, les maxima et minima absolus et moyens de température, les moyennes maxima et minima d'eau tombée, ainsi que des périodes de sécheresse.

„ En outre, l'analyse doit être complétée par des indications sur la flore spontanée.

„ Il serait utile d'adopter pour la carte agronomique les teintes conventionnelles en usage pour les cartes géologiques. „

M. Proost a insisté tout particulièrement, dans cette section, d'accord avec M. Crispo, directeur du laboratoire agricole d'Anvers, sur la nécessité de tenir compte des données de l'*analyse du sol par la plante*, en rappelant notamment que des sables dont l'analyse chimique n'avait pas révélé la teneur en potasse *insoluble*, en contenaient néanmoins des quantités considérables, ce qui fut mis en lumière par les expériences de cultures en pots instituées au jardin botanique de l'Université de Louvain et par les champs d'expérience institués en Campine et dans les Ardennes (1).

La 3e section, ayant discuté avec soin le but que se proposent d'atteindre les syndicats agricoles coopératifs, recommande vivement aux cultivateurs l'organisation de ces institutions.

Elle estime qu'il convient de relier à des organes centraux les divers syndicats créés dans les plus petites localités.

Elle émet, en outre, l'avis qu'il y a lieu d'instituer des sociétés de forme très simple, jouissant de la personnification civile, qui leur permette la réalisation de ce programme.

(1) Revue des questions scientifiques, *L'Analyse du sol par la plante*, juillet 1887 ; — Ibid., *Chroniques agricoles*, 1890 à 1894.

La Société des agriculteurs de France a pris une part considérable dans la formation des syndicats agricoles en ces dernières années. Il suffit pour s'en convaincre de parcourir ses *Annales* et l'*Annuaire des syndicats agricoles*, par M. L. Hautefeuille (1).

Comme le constate M. Hautefeuille, l'agriculture française a été transformée en quelques années par les syndicats agricoles.

" Elle est devenue entreprenante, elle agit ; elle ne se groupe plus seulement pour banqueter, discourir et pétitionner (comme chez nous), mais pour acheter, pour vendre et pour se renseigner. „

Voilà ce que peut une société agricole bien dirigée, qui étend, de concert avec le gouvernement, ses ramifications dans tout le pays agricole.

C'est ce qui existe également en Allemagne (l'exposition de Cologne a mis cette année en pleine lumière la puissante direction de *Deutsche Landswirtschafts Gesellschaft),* ce qui nous manque en Belgique, où les sociétés agricoles locales agissent isolément et où les comices sont profondément divisés dans plusieurs provinces par les passions politiques.

Le Congrès annuel des agriculteurs de France a coïncidé cette année, comme les autres, avec l'assemblée générale de la Société nationale d'agriculture et le grand concours du bétail.

Plusieurs membres distingués, parmi lesquels MM. Anatole Leroy-Beaulieu et G. Picot, ont prononcé un réquisitoire en règle contre le socialisme. " Le socialisme, a dit M. Leroy-Beaulieu, est la *négation de la méthode d'observation ; il procède* à priori, *selon la méthode géométrique, qui est abandonnée par toutes les autres sciences et qui ne peut être admise en sociologie.* „ Il substitue à la contrainte féodale ou militaire la CONTRAINTE SOCIALE, dans la vie publique comme dans la vie privée.

" C'est un danger social contre lequel tous les citoyens soucieux de la grandeur de la patrie et de la conservation de l'ordre social ont le devoir de lutter de toutes leurs forces dans les campagnes. „

En terminant, M. Beaulieu constate l'*impuissance de l'État* dans cette lutte et compte surtout sur l'initiative privée.

M. Picot a fait ensuite appel aux sociétés agricoles et aux syndicats pour atteindre ce but. Il a invité la Société des agriculteurs à se joindre au comité de défense sociale, et préconisé

(1) Paris, 177, rue Vaugirard.

la publication de tracts de propagande à mettre au concours pour être distribués dans les campagnes.

Les protectionnistes comptent dans le sein des deux sociétés une majorité imposante ; et quoi qu'on en dise, le parti Méline est loin d'être battu.

Si la culture des céréales continue à prospérer en France — tandis qu'elle est ruinée en Belgique, — c'est à l'impôt de sept francs qu'elle le doit. Les mercuriales des derniers marchés l'attestent éloquemment, comme le faisait remarquer notamment M. le Mis de la Tour du Pin, en constatant l'écart de prix considérable entre les blés belges et français.

Avions-nous tort, lorsque nous réclamions récemment encore en Belgique un impôt sur les céréales non alimentaires, dites petites céréales ? Nos gouvernants ont-ils fait fausse route en accédant sur ce point au vœu de nos cultivateurs ? On ne peut, sans porter un coup mortel à l'économie rurale de nos régions agricoles les plus fertiles, laisser tomber à rien la culture de toutes les céréales. L'excellent projet de M. de Smet de Naeyer répond donc parfaitement à ce *desideratum*.

Nous avons entendu, également aux assemblées françaises du mois de février dernier, un délégué des professeurs départementaux développer longuement les conditions d'un bon enseignement agricole *primaire*. A ce point de vue, nous avons certainement distancé nos voisins par l'institution et la multiplication des conférences populaires dans les campagnes. En ce qui concerne particulièrement l'école primaire, le programme si simple, exposé à Anvers par notre service technique de l'agriculture, nous paraît le plus pratique.

A quoi bon surcharger le programme de l'enseignement primaire, comme on surcharge le programme de l'enseignement moyen ?

Si l'on apprenait uniquement aux enfants de la campagne à *lire*, à *écrire* et à *calculer*, on obtiendrait de bien meilleurs résultats qu'en leur enseignant un tas de choses où ils ne voient que du feu, et *qu'ils ne retiennent pas*. Tout au plus, l'instituteur rural peut-il développer l'attention chez les enfants et leur inculquer le goût de l'observation par des exercices intuitifs qui ont pour objet les phénomènes de la nature, au moyen de collections formées sous sa direction, dans l'école, par les enfants eux-mêmes. Cette simplification présenterait aussi l'inappréciable avantage

de résoudre, dans l'avenir, la redoutable question scolaire. C'est ce que les Américains, gens pratiques s'il en fut, ont compris depuis longtemps. C'est aussi ce que la première section du Congrès agricole de Bruxelles a voté à l'unanimité sur la proposition de l'inspecteur général de l'agriculture, qui a fait visiter aux congressistes une école primaire rurale dont l'instituteur comprend toute la portée de l'enseignement intuitif des sciences naturelles. Le Congrès a voté également cette proposition de la première section : " Qu'il convient de développer l'enseignement des sciences naturelles dans les établissements d'instruction à tous les degrés (1). "

Progrès de l'enseignement agricole. — Indépendamment des écoles officielles de Cureghem, Gembloux, Gand, Vilvorde et Huy, le département de l'agriculture a continué, en 1895, à subsidier un grand nombre d'écoles libres .

Au 1er octobre de l'année dernière, le nombre des écoles subsidiées par le département comprenait cinq écoles libres d'horticulture, seize écoles libres d'agriculture et *neuf écoles ménagères agricoles*.

De plus, quinze écoles *moyennes* ou *normales libres* recevaient une subvention pour l'organisation d'un cours spécial d'agriculture. Actuellement, à ce nombre sont venues s'ajouter : une école libre d'agriculture, trois écoles ménagères agricoles et quatre nouvelles écoles moyennes qui reçoivent une subvention pour le cours spécial d'agronomie. L'enseignement de la laiterie continue à se développer rapidement dans toutes nos régions agricoles. Le département de l'agriculture a institué de nouvelles écoles volantes de laiterie et de fromagerie dans les provinces d'Anvers, de la Flandre orientale et du Brabant.

Dans les provinces de Liége, de Luxembourg, de Limbourg, du Hainaut et de Namur, les sessions de laiterie se sont succédé sans interruption. Ces cours sont très goûtés et donnent de bons résultats ; ils ont provoqué l'organisation de coopératives sur divers points du pays, notamment dans la province de Limbourg (27 associations).

Pour 1895-1896, l'arrêté du 14 septembre dernier fixe des cours dans 285 localités.

Les cours de maréchalerie, institués à Cureghem, Liége, Péruwelz et Namur, ont été maintenus.

(1) Voir Annales de la Société scient. de Bruxelles, assemblées générales d'avril 1894 et 1895.

Enfin, les cours d'arboriculture fruitière ont été l'objet d'un remaniement complet par un arrêté du 15 février 1895. Le nombre des leçons a été porté de 12 à 18. De plus, un arrêté de la même date a décidé que l'on créerait des cours spéciaux de culture maraîchère.

Les cours d'agronomie dans les écoles moyennes de l'État et les athénées ont été réorganisés en vertu d'un arrêté ministériel du 2 janvier 1895. Dix-sept cours ont été institués dans des écoles moyennes et deux dans des athénées. — Le nombre des cours d'agronomie pour adultes s'est élevé pour l'hiver 1894-1895 à 258, soit trente de plus que pour la période précédente.

Comme les années précédentes, le ministre vient d'arrêter le programme des cours d'agronomie, comprenant quinze leçons, qui seront données dans les principales communes de la Belgique, du 15 octobre au 1er mars.

Les leçons consisteront en conférences sur les cultures et procédés de culture, les assolements, le sol cultivé, les industries agricoles, les foires et marchés, les rendements, les crises agricoles, etc. Le professeur abordera ensuite l'exposé des éléments de la science agricole, traitant surtout des engrais naturels et chimiques et de la manière dont on peut connaître la valeur d'un sol et les éléments fertilisants qui lui manquent.

Les leçons traiteront encore de la sélection des plantes, du contrôle des engrais et des semences, des méthodes rationnelles du travail mécanique du sol, de l'alimentation rationnelle du bétail, du traitement rationnel du lait, du beurre et du fromage, des notions pratiques de culture maraîchère et d'arboriculture et des notions élémentaires d'économie rurale et de comptabilité agricole (1).

Les agronomes de l'État contrôleront cet enseignement, et se tiendront à la disposition des professeurs pour leur fournir tous les renseignements nécessaires.

Divers journaux politiques et agricoles ont analysé le livre de M. Van Bruyssel, ancien conseil général de Belgique au Canada (2).

Cet ouvrage, peut-être un peu trop optimiste, contient des

(1) Il a paru récemment en Belgique un excellent *Traité de comptabilité agricole*, élémentaire et pratique, à la portée de l'enseignement moyen et primaire supérieur, par M. H. Minet, agent comptable de M. Hasard à Thuin.

(2) Journal de Bruxelles, 14 déc. 1895 : *Le Canada*, par M. Ferdin. Van Bruyssel : Agriculture — Élevage — Sylviculture — Colonisation.

renseignements statistiques très intéressants, des données précieuses sur les rendements agricoles, la colonisation et l'avenir de l'agriculture dans ce pays.

Depuis la publication de cet ouvrage, nous avons reçu les derniers fascicules des Bulletins de la ferme expérimentale centrale du gouvernement canadien à Ottawa : " Résultats d'expériences de semailles de graines à différentes dates, maladies de la pomme de terre, insectes nuisibles, „ etc.

La lecture de ces Bulletins est éminemment suggestive. Elle prouve que l'on rencontre partout les mêmes obstacles à la diffusion de la science agricole, malgré les efforts des savants et des gouvernements. Ainsi l'auteur constate que les cultures des fermiers expérimentés donnent des produits comparativement faibles, parce que le grain a été semé trop tôt ou trop tard. Aux fermes expérimentales des provinces de l'est, beaucoup de parcelles ont été ensemencées trop tard, tandis qu'aux fermes de l'ouest quelques-unes ont été ensemencées trop tôt. " Il ne semble pas que ce soit trop que de s'attendre à ce que les cultivateurs intelligents, dans tout le Canada, obtiennent des rendements égaux aux moyennes que nous avons eues dans ces expérimentations aux fermes expérimentales, où beaucoup de parcelles ont été ensemencées dans des conditions si défavorables. Les fermes expérimentales ne sont pas des fermes-modèles quant à la qualité du sol ou à sa fertilité ; et il y a beaucoup de bons cultivateurs qui, avec un meilleur sol, peuvent produire et produisent des récoltes plus fortes qu'aucune de celles des fermes expérimentales ; malheureusement, beaucoup d'autres sont loin d'en faire autant, et la production moyenne des récoltes des cultivateurs du Canada, considérées dans leur ensemble, est loin d'être ce qu'elle devrait. „

Si l'on considère la vaste étendue des terres cultivées au Canada, une faible augmentation de rendement par acre forme un total surprenant dans la production du grain de tout le pays. Suivant le recensement, le terrain ensemencé en 1890 en avoine, en blé et en orge, était de 7 735 547 acres répartis comme suit : avoine, 4 129 769 ; blé, 2 723 884, et orge, 881 894.

L'augmentation d'un seul boisseau d'orge par acre, à un centime la livre, ajouterait annuellement près d'un million et demi de dollars au revenu des cultivateurs du Canada : la même augmentation d'un boisseau par acre à la récolte de blé donnerait un autre million et demi, et à celle de l'orge un demi-million de plus.

Les cultivateurs du Canada ne peuvent gouverner le prix du grain sur le marché, mais il ne paraît y avoir aucun doute qu'ils ne puissent, en semant leur grain au moment le plus favorable dans chaque province et territoire, et en usant d'intelligence dans le choix des variétés les plus productives pour semence, augmenter considérablement la production annuelle.

Le *Report on the Dairy Industry and Agriculture,* publié par le gouvernement canadien " by order of the legislature „, a consacré plusieurs pages à nos écoles de laiterie et à nos écoles ménagères agricoles : *Instruction on the Domestic Economy of the Farme House.*

La presse agricole des États-Unis rend également hommage aux efforts tentés par notre gouvernement, notamment en ce qui concerne l'industrie laitière, les conférences agricoles populaires, les écoles régionales libres subsidiées, etc. *(Expériment Station Record,* Washington, Government Printing Office).

Le gouvernement canadien publie aussi régulièrement de petits *tracs* de vulgarisation, comme ici le département de l'agriculture, notamment sur ce qui concerne l'industrie laitière, la sélection des plantes et des animaux, l'entomologie agricole.

Il est à noter que beaucoup de parasites de l'agriculture au Canada et aux États-Unis sont analogues ou même identiques aux nôtres (1).

Sir James Fletcher, entomologiste et botaniste du gouvernement canadien, recommande comme un remède sûr contre les ravages des insectes mordants (broyeurs : Coléoptères, Orthoptères, etc.) le vert de Paris. Ce sel étant très vénéneux et caustique, il faut l'appliquer en faible quantité sur les feuilles au moyen d'un bec de pulvérisation. On mélange 1 livre de vert de Paris avec 200 gallons d'eau, en y ajoutant 1 livre de chaux fraîche. Il importe d'appliquer ce liquide en fine pulvérisation; pour bien mélanger le vert de Paris avec l'eau, il faut d'abord en faire une bouillie épaisse avec un peu d'eau chaude, et ajouter ensuite la quantité d'eau voulue.

On sait que, cette année, les récoltes des pommes ont été fort compromises en Belgique par le vert de la pomme, qui n'est autre

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. XIII et XIV, avril-juillet 1883. *Les Parasites de l'agriculture en Europe et aux États-Unis,* par A. Proost.

que la chenille d'un petit papillon *(Carpocapsa pomonella)*. Le même insecte, connu en Amérique sous le nom de *Codling moth*, a été combattu efficacement par le mélange indiqué ci-dessus et appliqué au moment de la ponte des œufs. Les dommages causés aux vergers du Canada par cet insecte s'élèvent à des centaines de milliers de dollars, selon M. L. Woolverton.

Dans l'est du Canada, cet insecte ne donne ordinairement qu'une ponte par an. A l'ouest de Toronto il y en a deux, dont la seconde est la plus destructive. Alors on ne peut se contenter d'une ou deux applications au commencement du printemps, aussitôt *après* la chute des fleurs; partout où il y a deux pontes, il est bon d'entourer les troncs en automne de grossiers canevas, de liens de foin ou de quelque autre refuge où les chenilles viennent filer leur cocon, qu'on peut détruire facilement avant qu'elles ne se métamorphosent au printemps en papillons. En Californie, on a reconnu qu'il y a au moins *trois* générations par an.

Le vert de Paris, appliqué au printemps, détruit aussi beaucoup d'autres parasites des feuilles, tels que les arpenteuses, chenilles à tentes, etc. Il est également efficace contre le charençon de la prune à l'état d'insecte parfait, tel qu'il apparaît au printemps, alors qu'il ronge les bourgeons, les feuilles et les jeunes rameaux, avant de pondre dans les jeunes fruits. Cependant M. W. Peart (Ontario), observateur sérieux, n'a pas obtenu des résultats aussi concluants dans son district.

L'emploi de la bouillie bordelaise, comme remède préventif de la maladie des pommes de terre, a produit, au Canada comme en Belgique, les meilleurs résultats.

Les dernières nouvelles qui nous parviennent de l'état des récoltes du Manitoba ne sont pas faites pour confirmer toutes les données optimistes de l'ouvrage de M. Van Bruyssel.

Les récoltes sont meilleures cette année que l'an dernier, mais le prix du blé va toujours en descendant, fr. 3.50 les 54 kil., fr. 7 les 100 kil.

Bruxelles en Manitoba possède aujourd'hui un curé, un médecin et un juge de paix belges, le dernier étant en outre agriculteur et littérateur. Cette région est certainement une des plus saines de l'Amérique du nord, et dans laquelle nos compatriotes s'acclimatent le plus facilement.

Le bulletin officiel de 1895 contient un rapport très intéressant de M. S. A. Bedford sur la ferme expérimentale du Manitoba.

Dans le courant de l'été s'est réunie à Paris, au ministère de l'agriculture, sous la présidence de M. Méline, la Commission internationale pour la protection des oiseaux insectivores; les délégués du gouvernement belge étaient MM. Proost, inspecteur général, et Gilbert, directeur du service de la chasse. Le rapport de M. Sagnier au Congrès agricole de Bruxelles détermine les bases de l'entente survenue, après de longs débats, entre les représentants des diverses nations.

Nous avons signalé à diverses reprises la disparition ou la diminution croissante, en Belgique comme en France, de certaines espèces utiles, en dépit des règlements et des instructions des gouverneurs. Aussi longtemps que les instituteurs ruraux ne s'entendront pas avec les autorités communales pour protéger ces charmants auxiliaires de l'agriculture, nous croyons que rien ne sera fait. On ne saurait assez encourager, à ce point de vue, l'initiative de certains maîtres d'école, qui ont formé dans leur village et parmi leurs élèves une ligue pour la protection des oiseaux et particulièrement des oiseaux sédentaires. Car il importe de distinguer les oiseaux qui nichent dans le pays de certains oiseaux de passage dont la protection est beaucoup moins efficace. Nous croyons que, sur cette base, l'entente est possible entre chasseurs et agriculteurs. Il importe également de distinguer les insectivores proprement dits des omnivores comme le moineau, ce pillard des jardins et des potagers, qui fait le désespoir des directeurs de nos champs d'expérience (1).

Les rendements en céréales et en pommes de terre ont été très satisfaisants cette année, nonobstant la période de pluie intempestive survenue du 20 juillet au 15 août.

La betterave à sucre donne une moyenne saccharine élevée de 13 à 14 p. c., mais le rendement par hectare est médiocre et ne dépasse guère trente mille kilos (2).

Les emblavures en froment ont sensiblement diminué dans nos terres riches, où elles ne donnent plus de bénéfice. Elles ont fait place à l'avoine, favorisée d'un droit protecteur par la nouvelle loi votée cette année au Parlement belge, malgré l'opposition des

(1) Voir l'*Almanach agricole* de M. G. Dock, publié par la Société belge de librairie, 1896, p. 127 : " Conseil supérieur de l'agriculture ".

(2) D'après M. Gieseker, la production sucrière s'élèverait à 207 000 tonnes de sucre brut pour la Belgique, contre 205 000 tonnes pour la campagne précédente.

socialistes et des radicaux, voire même d'un certain nombre de conservateurs.

L'ensemencement du lupin dans le seigle et du trèfle dans le froment continue à produire d'excellents résultats au point de vue de la sidération, c'est-à-dire de la fixation de l'azote atmosphérique dans le sol. Dans la Campine, notamment, plusieurs cultivateurs intelligents ont réussi à mettre en valeur des sables stériles par la méthode usitée dans l'Altmark, que nous avons préconisée depuis longtemps dans cette *Revue*, à une époque où la fixation de l'azote libre de l'air n'était guère admise par les physiologistes et les agronomes officiels. La vesce velue et le trèfle incarnat donnent également de bons résultats avec le plâtre, les phosphates basiques ou les superphosphates. Le trèfle incarnat, qui exige une terre bien tassée, lors des semailles, se sème en été, après une récolte d'orge, de seigle ou de froment. Certaines variétés, très précoces, permettent la mise du bétail au vert de bonne heure et l'ensemencement d'une autre plante avant la fin du printemps.

La culture du tabac continue à prendre de l'extension en Belgique, surtout depuis la réduction de l'impôt. La région ardennaise qui borde la Semoy s'est transformée en quelques années par le développement de cette culture, moins aléatoire que la culture du lin qui a été abandonnée dans d'autres parties de l'Ardenne, où elle avait donné certaines années de beaux rendements, notamment à St-Jean près de Laroche.

La perception d'un impôt sur la fabrication du tabac, proposée par M. de Smet de Nayer, aura pour conséquence de rendre la fraude impossible : les tabacs étrangers étant ainsi *tous* imposés, ceux de qualité inférieure disparaîtront pour faire place au tabac indigène. C'est ce que M. D'Hont et M. Struye, sénateurs, ont fait très justement observer dans une réunion des comices de la Flandre occidentale. On ne saurait assez encourager par de sages mesures législatives ces cultures industrielles, qui aujourd'hui permettent seules à beaucoup de cultivateurs de nouer les deux bouts de l'an. Les cultivateurs qui réalisent des bénéfices sans recourir à une industrie agricole, en Belgique, sont devenus presque introuvables. Ce fait, relevé par nos agronomes, mérite d'être mis particulièrement en lumière, car il donne une juste idée de la situation précaire de la première de toutes nos industries.

Les doctrines manchestériennes du laisser faire et du laisser passer sont, quoi qu'on ait dit, généralement repoussées par nos

campagnes, qui persistent à voir dans la concurrence étrangère la principale cause de leur ruine, parce que l'on n'a pas cessé de confondre le libre échange avec la libre entrée sans réciprocité, ce qui constitue un jeu de dupes.

V. D. B.

SCIENCES SOCIALES.

—

Les assurances. — Le Vte d'Avenel a publié dans la Revue des Deux Mondes une série d'articles sur le mécanisme de la vie moderne. L'étude parue dans le numéro du 15 septembre 1895 est consacrée aux assurances. L'assurance sur la vie ne date en France que de ce siècle-ci. C'est en 1819 que fut fondée La Générale. Sous l'ancien régime avaient existé des tontines, qui toutes avaient succombé après une existence précaire. Depuis 1819, l'assurance a pris en France un grand développement. Les capitaux souscrits par l'ensemble des Compagnies françaises, depuis leur fondation jusqu'en 1859, s'élevaient à 354 millions, le total des contrats était de 400 000 ; en 1880, les contrats étaient au nombre de 400 000 et les capitaux se chiffraient à quatre milliards : à la fin de l'année dernière, ils s'élevaient à 10 1/2 milliards. Les assurances en cours à cette date montaient à 3 milliards 550 millions, les rentes viagères, à plus de 53 millions.

L'épargne ne remplit pas le même rôle que l'assurance. En versant au commencement de chaque année mille francs d'assurance, l'homme de 30 ans garantit à ses héritiers un capital de 40 000 francs au jour de sa mort. Il lui faudrait 24 ans pour amasser une somme équivalente, en économisant mille francs par an qu'il placerait à intérêts composés au taux de 4 p. c. Qui peut se flatter d'avoir devant lui 24 ans de vie ?

Quelle est la clientèle des sociétés d'assurances ? Cette clientèle ne descend pas au-dessous de la petite bourgeoisie. Elle ne comprend pas la classe ouvrière. La France est d'ailleurs un des pays où l'assurance est le moins étendue. Proportionnellement à la population, il y a en France deux fois moins d'assurés qu'en

Allemagne, Suisse, Danemark et Norvège, trois fois moins qu'en Autriche, Belgique et Hollande.

D'après l'auteur, sur mille habitants, il y en aurait en France 7, et en Angleterre 360, qui auraient une assurance de capitaux. On a calculé le coût des assurances nécessaires à l'ouvrier. Il s'élèverait, d'après un statisticien allemand, à 216 fr. par an, représentant fr. 0,70 par jour de travail. Moyennant ce sacrifice qui, avec les salaires actuels d'un grand nombre d'industries, n'est pas au-dessus des forces du travailleur, celui-ci se garantirait : 1° une rente annuelle de 433 fr. pour ses vieux jours; 2° un secours de 150 fr. par an en cas d'infirmités ; 3° une allocation temporaire de 12 fr. par semaine en cas de maladie ou de chômage : 4° en cas de mort prématurée, une rente de 500 fr. destinée à nourrir et à élever ses enfants jusqu'à l'âge de 16 ans.

Les sociétés d'assurance mutuelle viennent seulement d'entrer en scène en France. La Mutuelle Normande a joint la branche vie à l'incendie.

Les primes des assurances françaises sont encore actuellement très élevées. A l'âge de 30 ans, pour s'assurer, en cas de décès, un capital de 10 000 fr., il faut payer aux grandes sociétés françaises 267 fr. par an, tandis qu'on ne paie que 240 fr. en Allemagne, 233 aux États-Unis, 223 en Angleterre et 204 en Autriche.

Aussi les anciennes sociétés françaises d'assurance ont-elles fait d'énormes bénéfices.

Les dix-sept sociétés françaises d'assurance ont ensemble un capital de 50 millions, versés ; ce capital donne 9 millions, soit 18 p. c. de revenu. Six de ces dix-sept sociétés, qui ont versé 21 millions de capital, ne donnent aucun bénéfice. Sept autres, avec 25 millions de capital, gagnent 1 200 000 fr. Les quatre principales, avec un capital de 4 millions seulement, ont rapporté, en 1894, 8 millions à leurs actionnaires.

Les difficultés pour les sociétés nouvelles proviennent de la très grande concurrence des sociétés étrangères. Celles-ci ont le champ libre ; aucune réglementation ne vient gêner leur activité. Au contraire, la législation et le pouvoir administratif ont mis à l'action des sociétés françaises des entraves multiples. Par exemple, une seule société française a la faculté de placer une partie de ses fonds en valeurs étrangères. Le législateur a mal rempli son rôle. Au lieu d'une réglementation abusive, il devrait se contenter d'une surveillance répressive.

Les précurseurs du socialisme au XVIIIe siècle, par André Lichtenberger (1). — On est parfois porté à exagérer les tendances socialistes des écrivains du XVIIIe siècle. Sans doute, on trouve dans leurs œuvres des critiques contre la propriété et la société; mais, dans l'ensemble, ces questions tiennent peu de place. Elles ne sont qu'accessoires.

Aujourd'hui, le socialisme présente un caractère scientifique qu'il ne pouvait avoir au siècle dernier, alors que l'économie politique venait de naître. Il prend pour raison d'être aujourd'hui l'existence d'un quatrième état souffrant. Au XVIIIe siècle, la vue des classes travailleuses ne pouvait suggérer des idées de réformes socialistes.

Les paysans désiraient l'appropriation individuelle et absolue des terres. Les ouvriers, relativement peu nombreux, s'ils n'étaient pas des privilégiés satisfaits, ne réclamaient qu'une chose : la liberté du travail. Les réformes qu'ils demandaient étaient celles que la révolution française a consacrées.

Dans les écrits du XVIIIe siècle, le socialisme apparaît en général, soit comme une théorie morale, soit comme un argument philanthropique. Il revêt, avant tout, une forme littéraire et philosophique.

Jusqu'au milieu du siècle, trois noms seulement sont à retenir : le curé Meslier, d'Argenson, Montesquieu.

Vers 1750, l'idée d'égalité s'empara des esprits. On commença à se préoccuper de la situation matérielle des hommes. Les attaques contre la société devinrent plus fréquentes. Trois hommes étaient alors au premier plan : Morelly, dont l'œuvre, avant tout morale, contient une violente critique de la propriété; Rousseau, dont le discours sur l'inégalité des conditions fut le point de départ de toute une littérature, et Mably.

Les attaques contre la propriété ne furent pas systématiques. C'était de l'égalité civile, de la liberté du travail, de l'abolition des droits féodaux, que l'on attendait tout le bien. Pour sentir le besoin d'autres réformes, il fallait avoir reconnu l'insuffisance des résultats obtenus.

En résumé : les écrivains du XVIIIe siècle ne sont pas des socialistes, mais, par les critiques qu'ils formulèrent et par l'influence qu'eurent leurs écrits, ils sont de réels précurseurs du socialisme et méritent de figurer dans son histoire.

(1) NOUVELLE REVUE, 1er sept. 1895.

Le Congrès de Breslau. — L'Association catholique (15 novembre 1895) consacre quelques pages au Congrès socialiste de Breslau. La question agraire y a été soulevée et a amené des débats qui ne sont pas sans intérêt. Trois commissions avaient été chargées d'élaborer un programme agraire. Elles présentèrent, au nom des socialistes de l'Allemagne du Sud, de l'Allemagne du Centre et de l'Allemagne du Nord, trois projets. On trouvera ces documents reproduits dans l'article indiqué. Ils avaient ce caractère commun de ne pas attaquer la petite propriété. Sur la proposition de Kauntsky et Schippel, la majorité du Congrès rejeta ces trois programmes comme trop opportunistes, et contraires aux idées socialistes.

Cet article examine ensuite sommairement les causes de souffrance de la population agraire en Allemagne et les remèdes qu'on a tenté d'appliquer.

Il rappelle les lois de 1886 et 1889 qui rétablissent les rentes foncières. Elles ont été complétées par la loi du 7 juillet 1891, qui, en créant les *Rentenbanke*, concilie ingénieusement la possibilité pour l'acquéreur de se libérer par de simples prestations périodiques, avec le désir bien naturel chez le vendeur de toucher immédiatement le prix intégral de l'immeuble.

D'autres mesures importantes regardent la transmission des biens de paysans. Moyennant l'inscription sur un registre foncier, le *Höferolle*, le père de famille peut se constituer un bien de famille, soumis à des règles spéciales au point de vue des aliénations, des saisies et surtout de la successibilité. Voici les lois relatives à cet objet dans les différents états :

Hanovre, loi du 2 juin 1874, complétée par les lois du 24 février 1880 et du 20 février 1884. — Westphalie, 30 avril 1882. — Brandebourg, 10 juillet 1882. — Silésie, 24 avril 1884. — Schleswig, 2 avril 1886. — Hesse, 1er juillet 1887. — Bade, 23 mars 1888.

L'impôt successoral progressif en France. — M. Paul Leroy-Beaulieu étudie, dans l'Économiste français (23 novembre 1895), les conséquences probables de la loi votée récemment par la Chambre des députés, établissant l'impôt progressif successoral. Dans l'opinion de l'auteur, grâce à l'extension de la fraude, le produit du droit diminuera plutôt que d'augmenter. Actuellement, la fraude est devenue très minime en fait de valeurs mobilières. Cela est dû à diverses causes : au grand nombre de titres nominatifs, aux dépôts dans les banques, aux

partages judiciaires, etc. Le fait est d'ailleurs certain. La fortune de la France peut être évaluée à 200 ou 210 milliards: 70 milliards de propriétés rurales ; 40 milliards de propriétés bâties ; 90 ou 100 milliards de fortune mobilière.

En 1893, il a été payé 188 400 000 fr. de droits successoraux, dont 103 416 000 fr. pour les meubles et 84 984 000 fr. pour les immeubles. La situation était analogue en 1892.

En 1893, l'ensemble des valeurs successorales s'est élevé à 5 741 280 000 fr., dont 2 896 316 527 fr. pour les meubles et 2 844 964 069 fr. pour les immeubles.

On voit par cette comparaison des valeurs successorales mobiliaires et immobiliaires, et des droits successoraux payés pour les meubles et immeubles, que la dissimulation de la fortune immobilière ne peut être considérable. Avec l'impôt progressif, peu à peu la conscience du contribuable reviendra à l'état ancien, il se considèrera comme en situation de légitime défense. Il s'armera contre le fisc.

En Angleterre, à la suite de l'établissement d'un impôt progressif sur les successions, le chiffre des biens mobiliers declarés en 1894-1895 n'a été que de 141 421 000 liv. st., ou 3 milliards 535 millions de francs, contre 159 688 000 l. st. ou environ 4 milliards de francs en 1893-1894: donc une diminution de 460 millions.

Le maximum de la taxe successorale en France sera de 4 p. c. en ligne directe ; 9 p. c. entre époux ; 14 p. c. entre frères et sœurs ; 16 p. c. entre oncles et neveux ; 18 p. c. entre cousins germains ; 20 p. c. entre étrangers. Il faut remarquer qu'on ne déduit de l'actif brut que le passif constaté par acte authentique. Le passif chirographaire, pas plus que les frais de liquidation, qui sont souvent de 15 ou 20 p. c., ne sont pas admis en déduction.

La Propriété, par John Dillon (1). — L'American Law Review publie le discours prononcé à Albany par l'Hon. John Dillon devant l'Association du barreau de l'État de New-York. Il semble que la défense du droit de propriété soit actuellement un des sujet préférés des légistes. Fait en Amérique et au point de vue américain, ce travail devait nécessairement présenter pour nous des aspects originaux. Un de ceux qui étonneront peut-être le plus le lecteur est l'opinion de l'auteur sur le régime successoral,

(1) *Property, its Rights and Duties in our Legal and Social Systems*, by Hon. John F. Dillon. American Law Review, March-April 1895.

tel qu'il existe en France et en Amérique. Tandis que beaucoup de nos économistes tournent volontiers les yeux vers la liberté testamentaire dont jouissent les peuples anglo-saxons, M. Dillon, au contraire, aspire à voir établir dans son pays le partage forcé. On se plaint en Belgique et en France du peu de stabilité de la propriété ; lui se plaint, au contraire, du peu de mobilité et de l'excessive concentration qui la caractérise en Amérique. Peut-être cependant mettrait-on d'accord beaucoup d'économistes des deux rives de l'Atlantique, en disant que les latifondies, la concentration de la propriété amenée par l'usage de la liberté testamentaire et les fidéicommis sont un mal en Amérique, tandis que l'instabilité des petits patrimoines causée par le partage forcé n'est pas un moindre mal en France et en Belgique ; qu'on peut critiquer le régime successoral américain relativement à la grande propriété, et le régime successoral français relativement à la petite.

En Amérique, la propriété a plus qu'en Europe un rapport immédiat avec le travail. Aussi la réfutation des attaques socialistes, disant que la propriété privée a pour base la force et la fraude, est particulièrement facile. L'auteur nous montre fort heureusement le travail du pionnier conquérant à l'agriculture le sol vierge de l'Amérique. Pourquoi s'impose-t-il ce travail et ces sacrifices, sinon parce que cette parcelle de terre est sienne et que, désormais, il en est le maître ? A quel résultat serait-on donc arrivé si l'on avait, comme le veulent les socialistes, nationalisé le sol, l'état en gardant la propriété ?

C'est en vendant le sol à un prix presque nominal, et ensuite en le donnant sous le régime du Homestead, pour qu'il soit occupé et cultivé en parcelles limitées par un grand nombre de propriétaires, qu'on est arrivé à ce développement magnifique de l'agriculture. C'est là à la fois le fondement moral et le fondement utilitaire du droit de propriété. Ainsi la propriété s'unit inséparablement à la personnalité du propriétaire. La propriété est en réalité un droit personnel, et non cette incompréhensible abstraction appelée droit des choses. Jehring l'exprime d'une façon frappante : “ En faisant un objet mien, je lui imprime la marque de ma propre personne. Quiconque l'attaque, m'attaque. Le coup qui le frappe, me frappe, car je suis présent en lui. La propriété n'est que la périphérie de ma personne étendue aux choses. „ Jehring dit encore, plus loin, une parole qu'il est bon de répéter : “ Ce n'est que par un rapport constant avec le travail que la propriété peut se maintenir fraîche et puissante. „

Incidemment, à propos des attaques contre la propriété par l'exercice du droit de taxation, l'auteur s'occupe des impôts progressifs. Appliqué de bonne foi, comme moyen de subvenir aux dépenses publiques, l'exercice du droit de taxation n'est qu'une question d'utilité pratique. Tout autre est sa portée si l'on prétend qu'il implique le pouvoir de détruire la propriété, ou tout au moins de corriger l'inégale distribution de la richesse. Il apparaît alors comme une législation de classe du type le plus vicieux. Dans une démocratie, tout le monde a des droits, tout le monde doit donc participer aux charges. Une telle législation aurait pour but d'exempter une classe de sa part proportionnelle aux charges publiques, et de l'imposer à une autre classe ; elle créerait un antagonisme fatal, et ferait émigrer le capital.

Le dernier chapitre de cet article est consacré aux devoirs de la propriété. Il s'agit ici des devoirs sociaux et non des devoirs légaux de la propriété. C'est ce que les légistes appellent des devoirs imparfaits. D'après l'auteur, les enseignements du divin Sauveur, à mesure que le monde s'élèvera à leur plus pleine conception, auront dans ce domaine un empire plus vaste et plus bienfaisant. La leçon chrétienne à dégager des faits actuels est que nous devons augmenter, approfondir, revivifier le sentiment de la responsabilité de la société, pour le bien de tous ses membres.

Le possesseur d'une grande fortune est un débiteur envers la communauté. Le pouvoir de l'État a protégé et préservé cette fortune, et elle doit toute sa valeur à l'existence d'une société organisée. Le propriétaire a donc des obligations qui dépassent ce que connaît la loi. Citons-en quelques-unes, d'après M. Dillon : s'identifier avec la vie commune de son milieu et employer au bien de cette communauté le pouvoir et l'influence que lui donne la richesse ; — rechercher la popularité par une bienfaisance intelligente, active et quotidienne ; — s'intéresser soi-même activement à l'éducation, au progrès public, à des charités publiques et privées. Le sentiment public considère avec réprobation le riche qui meurt sans avoir attaché son nom à quelque œuvre d'éducation, de philanthropie, de charité.

Si nous ne faisons pas ce que commandent l'histoire et le devoir, grâce à l'agglomération de la population, pesant d'un poids toujours plus lourd sur les moyens de subsistance, grâce à la séparation sans espoir du riche et du pauvre, classes hostiles et sans communications, sans intérêts et sympathies communs, grâce au développement du prolétariat portant le

bulletin de vote d'une main et le fusil de l'autre, nous verrons bientôt ce triomphe de la révolution prédit par Lasalle.

L'agriculture en Prusse. — Le ZEITSCHRIFT FÜR DIE GESAMMTE STAATSWISSENSCHAFT, 1895, IV, reproduit les résolutions qui ont été prises par le Conseil d'état de Prusse au sujet de la question agraire. Dans la séance du 20 mars, le Conseil d'état s'est occupé de l'organisation du crédit. Dans la séance du 21, il a délibéré sur les mesures à prendre pour augmenter la valeur des produits agricoles. Il a d'abord rejeté la proposition du comte Kanitz tendant à mettre entre les mains de l'État le monopole du commerce des céréales. Il croit qu'il faut surtout viser à diminuer les frais de production et de circulation des produits agricoles : diminution du prix des matières brutes nécessaires à l'agriculture, protection de la production du sucre et de l'eau-de-vie, extension de la formation de *Rentengüter*, diminution du prix et amélioration du crédit. Il y a lieu aussi de prendre en considération la question monétaire. Le détail des résolutions, trop long à reproduire, se trouve textuellement dans la revue.

Le même numéro fournit des renseignements sur la situation hypothécaire du sol en Prusse. Les rapports des employés des livres fonciers montrent que l'endettement de la terre augmente régulièrement. Sur 1250 divisions pour l'ensemble du territoire, il n'y en a que 176 où l'on renseigne une diminution de l'endettement depuis le 1er avril 1886. Dans une pareille situation, ce n'est pas le propriétaire, mais le capitaliste, comme créancier gagiste ou hypothécaire, qui possède la plus grande valeur existante de la propriété. Le progrès de l'endettement, même là où il est compensé par une augmentation de la valeur du sol, montre donc les progrès de la tradition de la meilleure partie de la valeur des terres à des personnes étrangères à la propriété foncière. Il montre aussi un amoindrissement de la position de la propriété foncière, et de sa force de résistance.

L'assurance municipale (1). — L'activité des conseils municipaux ou communaux a une tendance à s'étendre à des domaines nouveaux, et spécialement à s'appliquer à des entreprises industrielles. Ils deviennent, comme le disait M. Chamberlain, directeurs d'une grande entreprise coopérative dans laquelle

(1) *Municipal Fire Insurance*, by Robert Donald. CONTEMPORARY REVIEW, November 1895.

chaque citoyen est un actionnaire. Une heureuse administration justifie l'établissement d'entreprises nouvelles. Certains conseils ont demandé au parlement l'autorisation de prendre possession des téléphones ; d'autres étudient la constitution d'un office municipal d'assurances contre l'incendie. L'arbitraire des compagnies d'assurances a attiré l'attention sur ce point. Au Canada, la ville de Toronto a déjà proposé à la législature un bill l'autorisant à établir un office d'assurances.

A Londres, on eut, de 1678 à 1682, un office d'assurances à Guildhall. Il ne put résister à la concurrence des sociétés privées, contre laquelle on n'avait pris aucune mesure.

En quelques cantons de Suisse et dans certaines parties de l'Allemagne, on trouve des exemples heureux d'assurances mutuelles contre l'incendie organisées par des pouvoirs publics.

A Bâle-Ville, l'assurance contre l'incendie est faite à la satisfaction générale par un institut d'assurances mutuelles, générales, obligatoires.

A Toronto s'était formé un *Insurance Ring*, qui avait augmenté considérablement les tarifs d'assurances. Les compagnies avaient des bénéfices de 10 à 75 p. c. Les primes étaient de 25 p. c. trop élevées. Toronto a proposé à la législature de l'Ontario un bill rédigé à l'imitation des lois suisses. Chaque cité ou comté pourrait adopter cet acte et, sur un vote des électeurs, établir des bureaux municipaux d'assurances contre l'incendie.

La question des assurances municipales est intimement liée à celle de l'amélioration des mesures préventives contre l'incendie. Un comité de la Chambre des communes s'est occupé de l'emploi des lampes à l'huile défectueuses. Il y a de même à faire de meilleurs règlements sur la construction des maisons, les théâtres et les musées, à pourvoir les villes d'eau sous pression...

Quand les risques de la propriété sont réduits au minimum par des moyens parfaits de protection, qui exigent une grande dépense, c'est alors le cas de réunir en un même office municipal l'assurance et la protection contre l'incendie. L'argument tiré du danger de la concentration des risques ne s'applique pas si les moyens de protection sont sérieux et si l'assurance est générale.

Assurance contre l'incendie et lutte contre l'incendie vont naturellement ensemble. Il est à remarquer que souvent, lorsque les risques diminuent, les compagnies réduisent leurs primes. En revanche, lorsque l'efficacité des moyens publics de protection

contre le feu est augmentée, elles n'augmentent pas proportionnellement leur contribution à cet objet. Telle est au moins la situation à Londres.

Ce qui poussera à l'établissement d'assurances municipales, ce sont les grandes exigences que manifestent en certains cas les compagnies. Malgré la concurrence effrénée qu'elles se font, elles ont formé un comité de tarifs commun, qui règle ou revise les charges à imposer à certains risques. Une variété de risques a-t-elle amené des pertes, on élève les tarifs d'une façon uniforme. Ainsi a-t-on fait pour les entrepôts de Manchester, pour les fabriques de ciment, pour les imprimeries où l'augmentation a été de 100 p. c. Aussi l'association des imprimeurs de Birmingham et du Midland a-t-elle envoyé une pétition pour l'établissement d'assurances municipales.

On peut considérer comme un acheminement vers ce système le fait que les corporations municipales deviennent de plus en plus leur propre assureur. Les compagnies se sont montrées très exigeantes à l'égard des villes. Parfois, elles ont élevé la prime de 2 à 6 sh. pour 100 livres.

On cite une ville où les compagnies syndiquées ont voulu faire passer la prime de 2 sh. à 1 liv. 1 sh. pour 100 livres. Cette ville fut assez heureuse pour pouvoir s'assurer aux anciennes conditions à un *Non-Tariff Office*.

A Londres, à Manchester, à Glasgow, la question de l'assurance des bâtiments municipaux par la ville elle-même est à l'étude, ou a déjà été résolue. Un exemple caractéristique est celui du *London School Board*, qui, en se faisant son propre assureur, a déjà économisé un fonds de réserve de 30 000 livres.

ALB. JOLY.

SCIENCES INDUSTRIELLES.

—

Accidents d'appareils à vapeur. — D'après une publication du Ministère des Travaux publics de France, il y a eu dans ce pays, en 1894, 38 accidents survenus dans l'emploi des appareils à vapeur; 15 personnes ont été tuées, 20 blessées.

11 accidents ont été attribués à une surchauffe par manque d'eau ;

4. au développement de pressions trop fortes ;

3. à des corrosions intérieures ;

3. à une surchauffe par l'effet des dépôts ou des matières grasses ;

2. à l'emploi de chaudières à petits éléments où la circulation était mal assurée ;

15. à des causes diverses.

Les chaudières à petits éléments, au point de vue de la sécurité. — Les chaudières multitubulaires ou à petits éléments sont les plus recommandables au point de vue de la sécurité : leur emploi exclut d'une manière que l'on peut rendre à peu près absolue l'éventualité des accidents à grands effets dynamiques ; et il est relativement facile de prévenir les accidents de détail, dus aux avaries des tubes bouilleurs, ou de rendre les conséquences de ces accidents inoffensives pour les personnes.

Pour prévenir les accidents, il y a lieu :

1° D'assurer la régularité dans l'alimentation : *a)* en surmontant le faisceau vaporisateur d'un réservoir mi-partie plein de liquide, d'une large capacité ; *b)* en veillant à la constitution et au fonctionnement irréprochables des appareils d'alimentation (pompes, petits chevaux, injecteurs, etc.) : ne jamais fermer en marche, autant que possible, dans les générateurs Belleville, le robinet gradué d'alimentation ; ne pas employer le même appareil pour alimenter à la fois des générateurs à pression différente ; *c)* en évitant l'obstruction des tubes bouilleurs : employer des systèmes de circulation simples, sans parties rétrécies, faciles à visiter et nettoyer totalement ; éviter les causes d'entartrement et d'embouage, régler judicieusement les vidanges, pratiquer des nettoyages complets et suffisamment fréquents ; *d)* en évitant une vaporisation trop active eu égard aux facilités du renouvellement et de la circulation de l'eau dans le faisceau des tubes bouilleurs ; conduire les feux avec une suffisante modération.

2° De visiter soigneusement et fréquemment les générateurs, notamment aux endroits où des fuites se sont produites.

3° De n'employer que des chaudières dans lesquelles le faisceau des tubes surchauffeurs est noyé complètement, et ce pour éviter les ouvertures de ces tubes.

4° D'éviter les projections de bouchons : ne pas resserrer les joints d'une chaudière en pression ; ne pas agir sur les écrous de serrage avec des clefs de trop grande longueur; employer de préférence des dispositions autoclaves.

Afin de rendre autant que possible inoffensives pour les personnes les avaries auxquelles sont sujettes les chaudières à petits éléments :

1° Munir les ouvertures de chargement de portes qui, en dehors des temps de chargement, sont invariablement fixées dans la position de fermeture, soit par l'adjonction d'un verrou à ces portes, soit par l'adoption de portes s'ouvrant vers l'intérieur (fermetures autoclaves) ;

2° Fermer complètement les ouvertures des cendriers ; n'y conserver qu'une porte solidement barricadée, qu'on ouvrirait de temps à autre pour l'extraction des cendres et des crasses, et quelques regards habituellement fermés d'une manière solide et destinés à introduire le ringard pour piquer le dessous de la grille ; amener par un carneau latéral ou inférieur l'air destiné à la combustion ; — ou bien munir l'ouverture du cendrier d'une porte tendant à se fermer sous l'influence de la moindre pression intérieure ;

3° Barricader solidement les portes des boîtes à tubes, de manière à ce que la fermeture soit permanente.

4° Donner au fourneau, d'une part, une solidité générale suffisante pour obvier au danger d'éclatement et, d'autre part, y ménager une "paroi faible„ pour écouler éventuellement les bouffées de pression dans une direction inoffensive ;

5° Donner aux chaufferies ou chambres de chauffe une large aération et des issues faciles dans une direction parallèle à la façade du massif des générateurs (1).

Récipients d'acide carbonique liquide. — La conservation de l'acide carbonique liquide dans des bouteilles en fer offre de graves dangers d'explosion ; elle a occasionné déjà bon nombre d'accidents.

En Allemagne, on impose aux fabricants une épreuve officielle, renouvelable tous les trois ans, et constatant que les bouteilles supportent, sans fuite et sans déformation permanente, une pression de 250 kilogr. par centimètre carré.

La question a été récemment discutée dans une séance de la

(1) Annales des Mines.

Société des ingénieurs civils de France. Les avis suivants ont été exprimés :

Il serait préférable d'abaisser à 175 kilogr. la pression d'épreuve, et il conviendrait de ne faire travailler le métal qu'aux sept dixièmes du coefficient correspondant à la limite d'élasticité ;

Afin d'éviter le trop grand emplissage, on pourrait rendre obligatoire l'indication sur chaque bouteille du poids du récipient vide et du poids maximum de l'acide carbonique qu'on peut y introduire. Un moyen simple pour s'assurer que le remplissage exact n'est pas dépassé consisterait à prolonger la tubulure d'entrée du liquide en la faisant pénétrer dans la bouteille ; on pourrait alors, aussitôt après le remplissage, vérifier par une rapide ouverture du robinet si c'est du gaz qui sort ou du liquide;

Les fonds des bouteilles résisteraient mieux à la presssion s'ils étaient bombés comme dans les presses hydrauliques ;

Pour éviter le danger des soudures imparfaites, il faudrait donner la préférence à l'acier doux sans soudure sur le fer forgé, ou bien adopter le système des fonds vissés, comme pour les obus;

Enfin, il faut éviter soigneusement d'exposer les récipients au soleil ou de les placer au voisinage d'un foyer (1).

Les ustensiles en aluminium. — M. Balland a fait à l'Académie des sciences de Paris une communication relative aux ustensiles en aluminium employés dans l'armée : bidons, quarts, gamelles.

Le poids de ces ustensiles offre des écarts assez notables, provenant, en grande partie, du plus ou moins de rapidité avec laquelle s'est effectué le décapage à la soude : on sait que ce corps, comme la potasse, attaque l'aluminium avec une extrême violence.

Les ustensiles en aluminium offrent une résistance suffisante à l'usure et aux frottements, ainsi qu'à l'action du feu, des aliments et des boissons. Toutefois, au contact prolongé avec l'eau, et surtout avec l'eau salée, l'aluminium du commerce est attaqué aux endroits où il retient des impuretés (particules de fer, de silicium, de carbone, d'alumine, de soude, etc.), autour des rivets fabriqués en alliages d'aluminium, et aussi au niveau de l'eau, là où l'air et l'eau agissent en commun.

La proportion d'impuretés dans l'aluminium du commerce varie de moins de 1 jusque 8 p. c.

(1) Bulletin de la Société des ingénieurs civils.

Alliages d'étain et de nickel. — D'après des expériences faites par le Comité consultatif d'hygiène publique de France, les alliages d'étain avec 1 à 3 p. c. de nickel résistent parfaitement à l'attaque des acides et des alcalis dilués ; ils peuvent être fort avantageusement substitués aux alliages d'étain et de plomb ou d'étain et d'antimoine pour la fabrication de la poterie dite d'étain, ainsi que des mesures de capacité.

Celluloïd et succédanés. — Le celluloïd fabriqué à Crefeld, par la *Deutsche Cellulosine Fabrik*, est composé comme suit :

Binitrocellulose	100 à 110	parties
Camphre	48 à 50	„
Huile de ricin	20 à 24	„
Alcool à 95°	65 à 70	„
Blanc de zinc, bleu d'outremer, matières colorantes diverses	30 à 40	„

Ce produit est destiné à l'imitation du linge, à la fabrication de balles pour enfants, ambre artificiel, cuir artificiel, visières de casquettes pour militaires, etc.

L'outillage de l'usine de Crefeld comprend : une presse à bloc, une presse à galette, une presse hydraulique, un accumulateur de pression de 200 atmosphères, un laminoir, une raboteuse, une essoreuse, un moulin à broyer, une presse à matter.

L'établissement est installé dans une partie agglomérée de la ville: il paraît que la nitrocellulose, mélangée à de l'oxyde de zinc humide, ne présente aucun danger d'explosion. La nitrocellulose est, d'ailleurs, fabriquée en dehors de l'usine.

Un chimiste autrichien vient d'inventer un succédané du celluloïd qui ne présente pas le danger d'inflammation de ce dernier. Il a donné à cette substance le nom d'*hyaline*. Elle se compose de coton-poudre, colophane, laque, copal, résine dammar et térébenthine. Le produit est dénitré et rendu incombustible. Il est inodore, demi-transparent, fort tenace et très élastique (1).

L'industrie des chiffons. — Les chiffons subissent, chez les marchands et les négociants en gros, un premier triage qui les divise en trois catégories : 1° Les chiffons à base végétale : lin, chanvre, coton, jute, phormium, aloès; 2° les chiffons à base animale, comme la laine et la soie; 3° les chiffons demi-laine ou laines mélangées.

(1) Revue industrielle.

Les chiffons à base végétale sont réservés pour la papeterie. Les chiffons à base animale sont destinés à l'effilochage pour la fabrication des draps ou des engrais. Les demi-laines sont employées à la fabrication des draps après avoir subi l'opération de l'épaillage; ou bien on les soumet à un traitement, par exemple par la vapeur sous pression, qui dissout la laine destinée à servir d'engrais et permet de retenir la fibre végétale pour la papeterie.

Les chiffons végétaux sont soumis à un second triage, à l'effet de séparer les toiles blanche, écrue, grise, brune et bleue, les cotons blancs et de couleur, les balles et emballages, les cordages, etc.

Les plus grandes précautions doivent être prises au point de vue sanitaire dans la manipulation des chiffons.

A Marseille, les ballots arrivant au port sont ouverts et désinfectés au chlore.

Avant de procéder au triage, il convient de soumettre les chiffons, surtout lorsqu'ils proviennent de l'étranger, à l'action de la vapeur d'eau sous pression ou à l'action d'un courant d'air chaud (110°) saturé par quelques jets de vapeur, dans le double but de détruire les organismes pathogènes et de diminuer la production de poussières pendant le triage,

Les chiffons de qualité inférieure sont passés au bluteur avant d'être triés.

Lorsqu'on trie des chiffons très secs, il est bon de pulvériser de l'eau froide.

En cas de chiffons très poussiéreux et très malpropres, il est nécessaire de déposer devant les ouvriers un tube aspirateur en communication avec une conduite générale, à l'extrémité de laquelle se trouve un fort ventilateur.

Les ateliers doivent, dans tous les cas, être spacieux, bien éclairés et bien ventilés. Pour conserver leur atmosphère dans un état constant de salubrité, on pourrait y envoyer de l'air ozonisé, au moyen d'un ventilateur combiné avec un ozoniseur (1).

Les nouvelles applications industrielles de l'électrochimie. — De notables progrès ont été réalisés durant ces derniers temps dans les applications industrielles de l'électrochimie. Rappelons-en quelques-uns des plus marquants.

Épuration des eaux alimentaires. On fait d'abord passer

(1) Revue de chimie industrielle.

le courant en employant des électrodes platinisées ; puis on électrolyse avec des électrodes en aluminium, en vue de produire de l'alumine hydratée, laquelle clarifie complètement l'eau et fait disparaître le goût désagréable dû à la présence d'ozone et de peroxyde d'hydrogène. On peut aussi électrolyser directement au moyen d'électrodes en aluminium.

Tannage. On soumet les peaux à une compression et à un frottement entre des rouleaux traversés par un courant. L'absorption de la matière tannante est ainsi facilitée. Ce procédé est appliqué notamment à Orbe en Suisse.

Raffinage du sucre. Dans plusieurs raffineries allemandes, le sirop est soumis pendant dix minutes à l'action du courant, en employant des électrodes en zinc ou en aluminium. Les matières colorantes organiques sont détruites par oxydation et une grande quantité des sels organiques présents sont enlevés.

Fabrication de la céruse. Divers procédés sont à l'essai. Ils sont basés sur l'électrolyse de solutions d'acide azotique, d'azotate sodique ou d'acétate d'ammoniaque avec des électrodes en plomb, en présence d'un courant d'acide carbonique ou moyennant l'intervention de carbonate sodique.

Fabrication de la soude et du chlore. La soude électrolytique semble être à la veille de remplacer la soude Leblanc et la soude à l'ammoniaque. Divers procédés ont été expérimentés avec succès.

On fait fondre le sel marin et on le met en contact avec une anode en charbon et une cathode en plomb. Le plomb forme avec le sodium un alliage qu'on retire de temps en temps ; le chlore est conduit dans des bacs à chaux.

M. Castner sépare le sodium à l'état métallique et le fixe à du mercure. Ce procédé est celui qui jouit actuellement du plus de vogue.

D'autres inventeurs décomposent la solution de sel marin au voisinage d'une cathode en fer. La soude caustique, qui s'écoule en même temps qu'une partie de la solution de chlorure, est séparée par évaporation et concentration.

Fabrication de l'aluminium. L'aluminium est aujourd'hui fabriqué exclusivement par électrolyse de l'alumine dissoute dans un bain de fluorures d'aluminium et de sodium en fusion. L'alumine se décompose, tandis que les sels servant à sa dissolution ne subissent pas l'influence du courant.

Fabrication du carbure de calcium. On trouvera mentionnés ci-après quelques-uns des usages du carbure de calcium.

Ce corps s'oblient, d'après le procédé Wilson, en soumettant un mélange de poussières de charbon et de chaux à l'action d'un four électrique identique à celui dans lequel s'effectue la réduction de l'aluminium (1).

Les usages du carbure de calcium. — Le carbure de calcium décompose l'eau à froid en donnant naissance à de l'acétylène, lequel peut être utilisé notamment pour l'éclairage, ainsi que pour la synthèse de l'alcool, du sucre, de la benzine et de divers autres composés organiques.

Éclairage à l'acétylène. La flamme de l'acétylène est blanche et éclatante: son pouvoir éclairant est beaucoup (quinze fois environ) plus élevé que celui du gaz ordinaire.

Le prix de revient de l'acétylène, préparé au moyen du carbure de calcium, est à peu près le même que celui du gaz de houille.

Le Conseil municipal de Paris a mis à l'étude l'application de l'acétylène à l'éclairage.

Fabrication de produits divers au moyen de l'acétylène. Sous l'action de l'hydrogène naissant, l'acétylène se transforme en éthylène, qui, traité par l'acide sulfurique et l'eau, donne à son tour l'*alcool éthylique.* On calcule que le prix de revient de l'alcool ainsi obtenu ne dépasserait guère celui de l'alcool actuellement fourni par l'industrie; et l'alcool d'acétylène offrirait sur l'alcool de fermentation et de distillation l'avantage d'être chimiquement pur.

On se rappelle la proposition, déjà faite il y a quelques années, de fabriquer du *sucre saccharose* en combinant l'éthylène avec l'acide carbonique et l'eau.

On sait que, par le passage de l'acétylène à travers un tube de fer porté au rouge clair, il se forme de la *benzine.*

La découverte d'un procédé facile et économique de fabrication de l'acétylène semble donc devoir être féconde en applications pratiques (2).

J.-B. André.

(1) Revue industrielle.
(2) Revue industrielle; — L'Ingénieur civil; — Le Moniteur industriel; — etc.

GÉOGRAPHIE.

—

Les dernières expéditions arctiques.

Voyage d'exploration de M. Th. V. Garde au Grönland en 1893 (1). — La mission confiée par le gouvernement danois au lieutenant Garde avait un double objet :

1° Dresser un relevé plus exact et plus détaillé que ceux que l'on possède actuellement des contours de la côte grönlandaise dans sa portion la plus méridionale, et de cet archipel touffu qui la borde et auquel les marins danois ont donné le nom de *Skjergaard*.

2° Explorer la région extrême de l'*Inlandsis* vers le sud.

M. Garde s'est acquitté avec un égal succès des deux parties de sa tâche, favorisé d'ailleurs par le temps exceptionnel qui a régné dans ces parages pendant l'été de 1893.

Il a réussi à côtoyer en canot les côtes de l'île de *Nunarsuit* et à pénétrer dans les fjords profonds qui la découpent, ce que nul navigateur n'était parvenu à faire avant lui. C'est une haute terre située en face d'*Ivigtut* par 61° lat. N. et 50° long. W., et constituée par une chaîne de granit gris et de syénite rouge. Ses falaises abruptes se dressent à 500 et à 800 mètres au-dessus du flot. Le lieutenant danois a pu visiter l'intérieur. L'île est déserte, sauf un village de 50 Esquimaux, et présente sur toute sa surface un plateau élevé, rocheux, creusé de ravines étroites et profondes. Sa faune comprend des perdrix, des lièvres, des renards bleus parcourant ses vastes escarpements mornes et dénudés, que des touffes de broussailles chétives parsèment çà et là de plaques vertes.

Après cette exploration importante, l'expédition a parcouru le *Skjergaard* en tous sens et pu déterminer ou rectifier la position de deux mille îlots, rochers et écueils.

M. Garde a consacré douze jours, du 16 au 28 juin, à l'exploration de la lisière méridionale de l'Inlandsis. On sait que la surface de la grande coupole glacée est extraordinairement tourmentée sous le 62° 30′ lat. N., où Jensen l'a parcourue, tandis que sous le 68° lat. Nordenskjöld a rencontré un terrain plus uni. Il était intéressant de connaître l'aspect de l'Inlandsis vers son

(1) Tour du monde. 1895.

extrémité méridionale, sous le 61° parallèle. Sa frange bordière, sur une largeur de 45 kil., est très crevassée. Les explorateurs y ont constaté l'existence d'un double système de crevasses, tracées dans deux directions opposées qui se coupent à angle droit. Le glacier se trouve ainsi comme carrelé, découpé en une multitude de rectangles séparés les uns des autres par des fossés profonds. Vers 1000 mètres d'altitude, fentes et aspérités disparaissent sous une épaisse couche de névés, et le champ de glace revêt son aspect caractéristique, celui d'une plaine grisâtre, sans bornes, se relevant faiblement vers le centre.

Un groupe de *nunataks*, hauts de 2000 mètres, marque vers le sud les limites des champs de glace. De leur sommet, le spectacle qui se déroule est superbe de grandeur et de désolation.

D'étroites coulées de glaces se frayent passage entre les nunataks et descendent par soubresauts vers les fjords allongés, qui semblent des bras tendus par l'océan pour les recueillir. Au loin miroitent les grandes plaines du large, bosselées par cette multitude d'îles et d'îlots qui garnit l'éperon terminal de la péninsule.

Les tentatives de E. Peary pour résoudre le problème de l'insularité du Grönland (1). —L'ingénieur de marine E. Peary qui, l'on s'en souvient, a réussi en 1892 la traversée du Grönland au nord du 80° parallèle, a tenté en 1894 et 1895 de compléter ses découvertes antérieures. Son plan consistait à atteindre, en franchissant l'Inlandsis, la *Baie de l'Indépendance* sur la côte orientale, puis, en remontant de là vers le nord le long de la côte, de vérifier si le Grönland est une île, comme on le pense généralement aujourd'hui, ou s'il se rattache à un continent arctique. Malgré de persévérants efforts, il n'a pu réaliser son dessein.

Parti au printemps de 1894 de la *baie d'Inglefield* dans le *détroit de Smith*, où il venait d'hiverner, Peary s'avança à travers l'Inlandsis vers la côte orientale ; il était parvenu à 500 milles dans l'intérieur et à une altitude de 3000 mètres, lorsque, au milieu d'avril, de terribles tempêtes N.-E., accompagnées de froids de — 30° à — 45° centigrades, le contraignirent de s'arrêter. Jugeant le succès de l'expédition compromis par la diminution de ses approvisionnements, il prit le parti de revenir à la baie d'Inglefield. En rétrogradant, il laissa, échelonnés de distance en distance, des dépôts de provisions destinés à ravitailler l'expédition nouvelle qu'il projetait pour l'année suivante.

(1) A. Petermanns Mitteilungen, 1895.

L'intrépide voyageur passa, en effet, un second hiver à la baie d'Inglefield, en compagnie de M. Lee et de son domestique Henson. Tous ses autres compagnons rentrèrent en Europe ou aux Etats-Unis.

Parmi ces derniers, le Norvégien *Eivind Astrup* rejoignit les établissements danois en traîneau, suivant toute la rive septentrionale de la *baie Melville*. Ce voyage mérite une mention ; c'est le résultat le plus important pour les sciences géographiques qu'aient produit les dernières entreprises de E. Peary. En effet, tout ce vaste demi-cercle décrit par la côte grönlandaise, et qui enferme la baie Melville, n'était pas connu, d'immenses accumulations de glaces flottantes en défendant les accès du côté du large. Eivind Astrup a pu constater, ce qu'on soupçonnait d'ailleurs, que cette multitude d'icebergs gigantesques est débitée par les grands fleuves glacés qui descendent de l'intérieur dans le fond de la baie Melville. On se fera une idée de leurs dimensions, et du volume des glaces qu'ils versent à la mer, par ce fait que, sur les 210 kilomètres qui séparent le cap *Melville* de la pointe *Red Haed*, le front de ces glaciers géants en occupe 150. Après un hivernage favorable, Peary est reparti le 1er avril 1895, avec ses deux compagnons Européens, six Esquimaux et quarante-trois chiens halant ses traîneaux, pour la baie Indépendance. Il ne parvint pas, malheureusement, à retrouver les dépôts de provisions laissés l'année précédente, et quand il atteignit la baie de l'Indépendance, il ne lui restait plus assez de vivres pour pousser plus loin son voyage vers le nord et compléter ses découvertes par la reconnaissance de la côte septentrionale. Force lui fut de regagner ses quartiers d'hiver par le plus court en retraversant l'Inlandsis. Il quitta la baie Indépendance le 1er juin et atteignit le 25 du même mois la baie d'Inglefield, où le vapeur *Kite* est venu le reprendre pour le ramener en Amérique.

Au pôle nord en ballon (1). — Un ingénieur suédois, M. Andrée, a formé le projet d'atteindre le pôle nord en ballon; ce projet doit s'exécuter pendant l'été prochain. Le devis de l'expédition a été estimé à 128 000 couronnes (180 000 francs), somme qui a été intégralement souscrite par le roi de Suède, M. A. Nobel et M. O. Dickson.

L'auteur du projet s'est entendu avec une firme parisienne, la

(1) A. Petermanns Mitteilungen, 1895.

maison Yon, qui s'est engagée à lui fournir un ballon satisfaisant aux quatre conditions suivantes, jugées indispensables au succès de l'entreprise : 1° Le ballon aura une puissance ascensionnelle suffisante pour enlever trois hommes avec leurs instruments et des provisions pour quatre mois. 2° Il jaugera 5500 m. c. de gaz et sera formé d'une double enveloppe de soie. 3° On pourra le gonfler à n'importe quel point des régions polaires. A cet effet, la maison Yon fournit aux voyageurs 1700 à 1800 cylindres contenant du gaz à une pression de 200 atmosphères. 4° Le ballon sera rendu dirigeable, dans une certaine mesure, par un système de voiles et des cordes pendant sous la nacelle et qui, glissant sur le sol, ralentiront le mouvement du ballon. Ces cordes feront en même temps office de lest, elles préviendront les chutes brusques ou trop rapides du ballon, parce que la charge portée par celui-ci diminuera à mesure qu'il se rapprochera de terre et que les cordes reposeront sur le sol sur une plus grande longueur.

Les explorateurs comptent emporter un appareil photographique destiné à reproduire la configuration des régions parcourues, la rapidité du voyage ne permettant pas des observations plus précises. Enfin, pour pourvoir aux circonstances imprévues, l'expédition sera munie d'armes, d'un traîneau et d'une chaloupe à voiles démontable. Les voyageurs, leur ballon et tout leur attirail seront transportés, dès le printemps prochain, aux îles norwégiennes, dans le voisinage du Spitzberg. Un hangar y sera élevé pour servir de remise au ballon et permettre de le gonfler, dès que les circonstances atmosphériques paraîtront propices.

Ces circonstances sont un fort vent soufflant de la région sud; elles permettraient d'effectuer en cinq ou six heures le trajet du Spitzberg au pôle, mais M. Andrée désire que le voyage se prolonge pendant quarante heures au moins. Il estime qu'en toute hypothèse, trente jours suffiront pour effectuer le voyage et prendre une connaissance complète de la région polaire.

Le retour se fera vers les zones habitées de la Sibérie ou du Nord-Amérique. La distance du Spitzberg au détroit de Behring par le pôle n'est que de 3700 kilomètres; or le ballon peut, de l'avis des spécialistes, parcourir 20 000 kilomètres en trente jours.

Jos. de la Vallée Poussin.

Voyages de M. Mizon, lieutenant de vaisseau (1890-1893). Résultats scientifiques (1); Itinéraire suivi par cet officier de la source de la Bénué au confluent des rivières Kadéi et Mambéré (2). — Il résulte des observations de M. Mizon que la carte du Bas-Niger, d'Akassa à Lukodja, est à refaire. Sans doute la Compagnie du Niger possède, à l'usage de ses agents, une bonne carte de pilotage; mais la carte de l'Amirauté anglaise, la seule d'un usage courant, est devenue vicieuse, par suite des changements qu'a subis le cours du Niger et du déplacement des nombreux bancs de sable qui tapissent son lit.

La plus grande précision ne semble d'ailleurs pas avoir présidé à l'établissement de la carte de l'Amirauté. En se plaçant au sommet de la montagne de Lukodja (altitude 400 mètres), et en examinant le cours aval du fleuve, M. Mizon a pu se convaincre du mauvais alignement de l'*île Beaufort*, du *mont Saint-Michel*, de *Bird-Rock* et de *Idah*.

L'officier français a relevé 42 latitudes, 8 longitudes et de nombreuses cotes altimétriques. Une seule des longitudes observées a été calculée : *Ngaoundéré* (8 janvier 1892), 7° 19′ 19″ lat. N. et 11° 19′ 05″ long. E. de P. Sa carte de pilotage permet la remonte du fleuve depuis la mer jusqu'au point où la Bénué est flottable. Les itinéraires établis au cours du voyage comportent plusieurs centaines de kilomètres. *Zhirou* et tout le *Mouri* sont reportés dans l'est d'une dizaine de milles. La position d'*Yola*, de *Taepé* et de *Garua*, donnée par la carte d'Afrique du commandant de Lannoy de Bissy (3), doit être plus orientale, celle d'Yola de 10 milles en longitude, de Taepé de 22 milles en longitude et 9 milles en latitude, de Garua enfin, de 32 milles en longitude et 13 milles en latitude. En revanche, Ngaoundéré doit être avancé de 22 milles vers l'ouest; il faudra donc déplacer les points entre ce centre et Yola.

Si le *Chari* est bien placé en longitude, la distance de Garua à cette rivière, c'est-à-dire la longueur du *Mayo-Kebbi*, est deux fois moins grande que ne l'indique la feuille n° 26 de la carte française indiquée ci-dessus.

Parmi les renseignements obtenus des guides, des porteurs et

(1) Bulletin de la Société de Géographie de Paris, 1895, pp. 330-341.
(2) Ibid., pp. 342-373 et croquis.
(3) Carte d'Afrique au 1 : 2 000 000 dressée et exécutée au Service géographique de l'armée (France) par M. le commandant de Lannoy de Bissy, 63 feuilles. Cette carte a été commencée en 1882.

des chefs de villages, M. Mizon ne consigne guère que ceux qu'il a contrôlés. C'est la bonne méthode.

Des plateaux s'étagent d'Yola à *Gaza*. Ngaoundéré (25 000 à 30 000 habitants) se trouve sur un plateau aride qu'entourent deux ravins profonds. La plus grande altitude atteinte entre cette ville et Gaza est un col supérieur à 1411 mètres, situé près de *Soukounga*. La région est volcanique et d'origine récente. Vers l'est, les hauteurs doivent être plus considérables.

Une puissante muraille court de l'Atlantique au plateau de *Bouban-Djedda;* elle sépare le bassin du *Niger* de celui du *Chari;* c'est une espèce de plateau désert et pierreux (alt. 1300 mètres), que dominent deux pics volcaniques très aigus : le *Ndocou* et le *Ndogui* (1390 mètres d'altitude). Une faille profonde de 15 mètres le parcourt dans le sens de la longueur. Le chemin la traverse sur un pont naturel de 30 mètres. Des deux côtés de la faille bouillonnent des sources ; l'une, la *Yerna*, est la tête de la Bénué, qui conflue dans l'océan ; l'autre, non loin du mont *Guendéro*, forme la *Dora*, qui rejoint le *Bini*. D'après les indigènes, le Bini contourne le Bouban-Djedda et va rejoindre le *Logone*. Son bassin est séparé à l'ouest de celui de la *Kalibina* ou de la *Sananga* par une chaîne de montagnes tourmentées où sont juchés quelques lacs.

Le Bini, qui n'est autre que le *Serbéouel* ou *Bahr Baïa*, passe à quelques milles au nord de Ngaoundéré ; il a déjà aux basses eaux 40 mètres de largeur et 4 mètres de profondeur. Il va de chute en chute et de rapides en rapides et ne donne pas asile aux crocodiles et aux hippopotames.

Ses principaux affluents sont le *Wom*, qui vient du sud et se grossit du *Reïn*, alimenté du *Bi*, et le *Mambéré n° II*, originaire du sud-ouest.

Sur les plateaux de l'Adamaua la température ne dépasse généralement pas + 22° C. Les Européens peuvent y vivre et s'y multiplier. Le sorgho est remplacé par le froment.

La température moyenne diurne dans le Mouri est de + 25° C. en toute saison. Pendant la saison sèche, elle atteint 10° C. la nuit et 40° C. le jour ; au cœur de l'hiver ces extrêmes sont respectivement de 22° C. et 28° C.

A Yola le thermomètre marquait en décembre 7° C.

Le 2 janvier 1892, sur le plateau de séparation entre la Bénué et le Bini (1200 mètres d'altitude), les eaux de la Yerna étaient couvertes à 5 heures du matin d'une légère couche de glace. La

neige est inconnue dans la contrée ; les grands froids ne sévissent que par le vent sec du nord.

A la descente du plateau, à mi-chemin entre Ngaoundéré et Koundé, M. Mizon a trouvé subitement sur les bords du *Mayo-Nengué* la chaleur et la végétation tropicales, tandis que les hautes régions de l'atmosphère étaient agitées par le souffle de l'aquilon.

Le mètre et le méridien de Greenwich au Congrès international de géographie de Londres (26 juillet 1895). — M. Penck, professeur à l'Université de Vienne, avait soumis, en août 1891, au Congrès international de géographie de Berne, un projet de construction d'une immense carte du globe terrestre. Ce projet comporte la solution de plusieurs questions fondamentales. Quelle projection emploiera-t-on ? Quelle échelle ? Quel méridien? Quelles mesures pour les altitudes et profondeurs ? etc.

A Berne, on fut unanimement d'accord pour admettre l'échelle du 1 : 1 000 000 ; mais on ne put s'entendre sur la question très délicate du premier méridien : on adopta celui de Greenwich, mais les délégués français refusèrent leur adhésion.

Le projet de M. Penck fut remis à l'ordre du jour au Congrès de Londres. Cette fois l'entente s'est faite sur l'adoption du méridien de Greenwich, et voici dans quelles circonstances.

Instruits des discussions qui s'étaient produites au sein du comité central de la Société de géographie de Paris, et convaincus de la nécessité de ne se cantonner plus dans une obstination d'amour-propre national qui n'avait plus sa raison d'être, mais plutôt de tirer le meilleur parti possible d'une situation de fait, les délégués français, parmi lesquels le sympathique M. de Lapparent, consentirent à l'adoption du méridien de Greenwich.

Mais ils y mirent une condition *sine qua non*. Comme on devra porter sur la carte les profondeurs des mers et les altitudes des villes, des montagnes, etc., ils proposèrent l'emploi du système métrique, et demandèrent la jonction des deux votes.

Les délégués de l'Angleterre, où le système métrique n'est pas adopté, mais où les aspirations commencent à se manifester en sa faveur, combattirent la proposition. Mais ils finirent par adhérer lorsqu'on insista sur le fait que le principe de l'unité de mesure primait la question d'un méridien initial.

Sans doute ce vote n'entraîne aucune obligation pour les gouvernements représentés au Congrès de géographie de Londres, mais il est d'une haute portée morale et peut avoir de l'effet

dans l'avenir ! Peut-être est-ce un pas décisif vers l'adoption universelle du système métrique.

Le percement du Simplon. — La Suisse et l'Italie ont signé à Berne, le 25 novembre 1895, une convention pour la jonction des lignes ferrées des deux pays par le percement du *Simplon*. Ce massif des *Alpes Lépontines* se dresse à l'altitude de 3518 mètres et est sillonné par la route construite en 1801 par Napoléon pour relier *Brigue* (Suisse) et *Domo-Dosola* (Italie).

Il résulte d'un des vingt-six articles approuvés par les deux gouvernements que le programme des travaux, déjà accepté par la Compagnie du chemin de fer Jura-Simplon, est adopté par l'Italie. Celle-ci s'engage à construire des lignes d'accès de Domo-Dosola à *Isella* (entrée sud du tunnel), soit sur un parcours de 17 kilomètres.

Le gouvernement du Quirinal a refusé toute subvention; mais il usera de son influence pour que les provinces et les villes du nord de l'Italie intéressées versent une somme fixée à 4 millions de francs. De plus, il accordera pendant quatre-vingt-dix-neuf ans une annuité de 3000 francs par kilomètre, pour la section du tunnel construite sur son territoire, soit 66 000 fr. par an, équivalant à un capital de 1 500 000 francs.

La Suisse fournira une subvention de 15 millions de francs; la Confédération, 4 500 000, les cantons et les villes intéressées, 10 500 000.

La Compagnie du Jura-Simplon, qui s'est chargée du percement du tunnel, s'est engagée à réunir le restant du capital nécessaire. La construction sera confiée à MM. Brandt, Brandau et Cie de Hambourg, connus par le percement du tunnel de Suram au Caucase, Locher, qui ont construit le chemin de fer du mont Pilate, et Sulzer, constructeurs-mécaniciens.

Ils se sont engagés à percer, dans un délai de cinq ans et demi, un tunnel de base de 19 731 mètres de longueur et dont le point culminant ne dépassera pas $705^{m}20$ d'altitude, avec pente d'un mètre sur 50 mètres du côté de Brigue et d'un mètre sur 143 mètres du côté d'Isella.

Le Simplon sera le plus long, mais le moins élevé des tunnels alpins; la vitesse de circulation pourra donc être bien plus considérable. Le développement du Cenis et du Saint-Gothard est de 12 333 mètres et 14 912 mètres; l'altitude maxima, de 1294^{m} 70 et 1154^{m} 60. L'Arlberg ne mesure que 10 259 mètres.

La grande difficulté du travail réside dans la haute température

du sous-sol : + 40° C. On prendra des précautions sanitaires toutes spéciales pour les travailleurs.

Les constructeurs ont adopté un nouveau système de percement très ingénieux. On creusera deux tunnels avec écartement de 17 mètres. Le premier tunnel sera fait à simple voie. Des traverses placées de 200 mètres en 200 mètres le relieront au second. Celui-ci servira de galerie pour la ventilation, l'arrivée des trains de ballast et de matériaux de construction, la distribution à pied d'œuvre d'eau à haute pression et d'électricité destinée à l'éclairage.

Les frais de construction monteront à 54 500 000 francs ; la transformation de la galerie exigera une somme supplémentaire de 15 millions de francs.

Il est probable que le percement du Simplon modifiera sinon les relations économiques de l'Europe occidentale et centrale, tout au moins les opérations de transit entre l'Orient et l'Angleterre. L'avantage pour la longueur du parcours continue de rester à la ligne Ostende-Bruxelles-Bâle-Saint-Gothard-Milan-Plaisance (1286 kilomètres), plus courte de 24 kilomètres que la ligne Calais-Paris-Dijon-Pontarlier-Simplon-Milan-Plaisance. Mais il suffirait au gouvernement français, pour modifier cette situation, de substituer Boulogne ou Rouen à Calais, comme port d'attache, ou de construire une voie d'Amiens à Remilly.

Reste à voir si la Belgique et l'Allemagne, les deux grandes intéressées, se laisseront damer le pion. Attendons-nous à une joute intéressante, où seront mis en jeu trois puissants facteurs : le prix du transport ou du fret, la vitesse des trains et le minimum du trajet.

Le confluent des tributaires du Congo dans le voisinage de l'Équateur (1). — **L'exploration de la Salonga et du chenal d'Ukaturaka** (2). — La région dont la station de l'Équateur est le centre présente, au point de vue hydrographique, un intérêt tout particulier. C'est une vaste cuvette, ancien fond probable de la mer intérieure qui s'est écoulée dans l'océan Atlantique en se frayant entre Tchumbiri et Boma un passage à travers les crêtes parallèles de la chaîne côtière. Un bon nombre de cours d'eau se précipitent vers ce point [où se trouvent aussi deux grands lacs,

(1) Par M. A.-J. Wouters.

(2) Par A. Delcommune, Le Mouvement géographique, 1895, col. 315-321 et 1 carte.

le *Tumba* et le *Léopold II*] : ce sont le *Congo* et ses tributaires soit de droite : la *Mongala*, l'*Ubangi*, la *Sanga*, la *Likuala*, soit de gauche : la *Lulonga*, l'*Ikelemba*, et le *Ruki*.

Toute cette région constitue un pays de plaines et de forêts, sans relief sensible et traversé par de nombreuses rivières à rives très basses.

A la saison des pluies, l'inondation est énorme et le limon un élément des plus fertilisants. D'où végétation magnifique, triple moisson annuelle et avenir presque assuré aux plantations de caféiers, de cacoyiers, de riz, etc.

Le caoutchouc abonde dans toutes les forêts et est exploité par les indigènes pour le compte de plusieurs firmes commerciales.

La population est très dense. Pour le seul district de l'Equateur, les agents de l'État Indépendant l'estiment de 3 à 6 millions d'habitants.

La carte publiée par M. A. Wauters est fort intéressante. Elle est établie sur les positions astronomiques des commandants Rouvier et Delporte, et rédigée d'après des renseignements fournis par MM. Baumann, Grenfell, von François, Van Gele, Lemaire, Martiny, Thierry, Moreels, Mohun et Wilwerth.

Parmi les positions de lieux publiées par Rouvier, on peut citer Bonga (— 1° 06′ 40″ lat. ; 16° 52′ 09″ long. E. de P.) ; Mongo (— 0° 55′ 40″ lat. ; 17° 08″ long.) ; Liranga (— 0° 40′ lat. ; 17° 37′ 39″ long.) ; Équateur (+ 0° 02′ lat. ; 18° 13′ 09″ long.) ; Kundja (+ 0° 08′ 40″ lat. ; 17° 41′ 34″ long.) ; Mondzoko (+ 0° 19′ lat. ; 17° 55′ long.).

Chez Delporte nous trouvons : Lukoléla (— 1° 05′ 24″ lat. ; 17° 11′ 26″ long.) ; Lulanga (+ 0° 39′ 37″ lat. ; 18° 16′ 39″ long.) ; Bangala (+ 1° 35′ 56″ lat. ; 19° 09′ 12″ long.) ; Mobeka (+ 1° 53′ 49″ lat. ; 19° 49′ 30″ long.) ; Ukaturaka (+ 1° 57′ 10″ lat. ; 20° 28′ 40″ long.) ; Umangi (+ 2° 06′ 43″ lat. ; 21° 26′ 52″ long.) ; Yambinga (+ 2° 07′ 08″ lat. ; 22° 39′ 45″ long.).

Jusqu'ici il n'a pas été publié au sujet du Congo de document cartographique plus important que la *Carte du moyen Congo*, en trois feuilles, au 1 : 400 000, par le Dr Baumann (1888-1890). M. A. Wauters l'a complétée d'après des données du lieutenant Ch. Lemaire et du capitaine de steamer Martiny.

Entre Bangala et Yambinga, le cours du grand fleuve présente une silhouette absolument nouvelle. Signalons : le *chenal d'Ukaturaka*, qui longe la rive gauche, sur une longueur de 125 kilomètres et une largeur de 50 à 60 mètres, depuis le village de ce nom jusqu'à celui de Bakombi en aval, et une vaste expansion

ignorée jusqu'à ce jour, large de 35 kilomètres, couverte d'îles et située entre Ukaturaka et Upoto en amont. On sait déjà que le fleuve se resserre en ce dernier point jusqu'à n'avoir plus que 10 ou 11 kilomètres, ce qui représente le développement de l'Escaut devant Flessingue et celui du Congo lui-même devant Banana, et qu'au-delà d'Ukaturaka il s'épanche sur une largeur de * 50 kilomètres en formant un labyrinthe d'îles.

Aux détails que nous avons déjà publiés au sujet de la Mongala (1), nous ajoutons ceux que fournit le R. P. De Wilde (2). Cette rivière, ainsi que ses affluents, a un cours très sinueux. Elle est parsemée d'un bon nombre d'îles bordées souvent de palmiers. Une de ces îles, située à son embouchure, la partage en deux bras. Dans le cours inférieur, îles et rives sont complètement inondées à l'époque des crues ; on constate une différence de niveau de 5 mètres entre les hautes et basses eaux. Par suite des inondations, la Mongala est bordée de marécages qui provoquent des miasmes et des brouillards malsains. Ceux-ci se lèvent le soir et persistent jusque bien avant dans la matinée.

La rivière est très poissonneuse. De là échange constant de vivres entre les riverains et les gens de l'intérieur, où les villages sont nombreux, mais généralement dérobés à la vue par les bois qui couvrent le pays. Les routes qui relient ces villages servent entre tribus à la guerre autant qu'au commerce.

Le R. P. De Wilde signale la présence des crocodiles et des hippopotames dans les eaux de la Mongala ; des traces d'éléphants ont aussi été rencontrées pendant le voyage.

A partir de Bindja et à 3 ou 4 kilomètres des rives, se montrent d'assez belles collines, rocheuses en certains endroits et boisées en d'autres points. La rivière ne tarde pas à se rétrécir.

A une journée de pirogue en amont de Bokula, la Mongala, dont les eaux sont foncées, rencontre, rive gauche, une rivière aux eaux blanches, qui semblent avoir coulé sur du calcaire.

La Mongala reçoit plusieurs affluents généralement peu importants ; parmi eux un petit tributaire, parsemé de blocs de pierre et aux eaux également blanches.

A Lulengo, situé sur la Mongala, se fait, paraît-il, un grand commerce d'esclaves.

Le cours du bas *Ubangi* est généralement mal dessiné sur les

(1) Revue des quest. scient., t. XXX (1891), pp. 334-336.

(2) *Voyage dans la Mongala*. Le Mouvement géographique, 1895, col. 306-307.

cartes. On doit supprimer la courbe profonde qu'on lui fait décrire vers l'est, en aval de Zongo. L'Ubangi se grossit à gauche, non loin de Mondzoko, du *Nghiri*, reconnu par le commandant Van Gele.

Le levé de la *Lulonga*, explorée en août 1885 par MM. Grenfell et von François, n'a guère subi de modifications depuis. Son gros affluent de droite est le *Lopori*. Le lieutenant Lemaire a remonté ce tributaire.

L'*Ikelemba* n'était guère connue jnsqu'aujourd'hui. M. Wauters la dessine d'après les données de MM. Lemaire, Moreels et Thierry. C'est à von François et à Martiny qu'il emprunte l'orientation du cours du *Ruki*. Cette rivière se grossit d'un grand nombre d'affluents : le *Momboyo*, la *Salonga*, la *Loméla*, etc.

En amont de Bolo-Kole, donc à * 250 kilomètres de son confluent dans le Congo, le Ruki forme un large pool, divisé en trois chenaux par de grandes îles boisées. La Salonga se jette dans le chenal le plus méridional. Elle n'a figuré encore sur aucune carte. Son cours sinueux est large de 80 à 200 mètres ; les rives basses et couvertes d'une haute végétation sont inondées en plusieurs points à l'époque des crues.

La Salonga est navigable sur une distance minima de 240 kilomètres. En amont de Kussi, M. A. Delcommune a constaté une vitesse de courant de 1 1/4 mille et une profondeur de 3 brasses.

La physionomie des lacs Tumba et Léopold II, découverts par Stanley, a absolument changé depuis la circumnavigation du Tumba par le capitaine Martiny, et l'exploration détaillée du Léopold II par M. Mohun, consul des États-Unis d'Amérique.

La télégraphie sous-marine (1). — Le premier télégraphe électrique n'a été construit qu'en 1838 (en Angleterre), et déjà les progrès paraissent l'œuvre de plusieurs siècles. Toutes proportions gardées, la télégraphie sous-marine n'a pas un développement inférieur à la télégraphie terrestre. Ses câbles parcourent toutes les mers, sauf l'océan Pacifique encore dépourvu d'une ligne intercontinentale (2), touchent à presque tous les pays, et atteignent la prodigieuse longueur de 181 413

(1) Par Jules Peltzer, d'après le rapport annuel de l'*International Bureau of Telegraphs*, BULL. DE LA SOC. ROY. BELGE DE GÉOGRAPHIE, 1895, pp. 161-171.

(2) D'après Murray (Expédition du Challenger), les grandes mers ont

milles (1). Ils sont la propriété de trente gouvernements et de vingt-sept compagnies privées.

C'est en 1858 que MM. F.-N. Gisborne et Cyrus Field, de New-York, tentèrent le premier essai d'une communication télégraphique entre l'Amérique et l'Europe ; mais ce ne fut qu'en 1866 que leur vaste conception fut un fait accompli.

A l'exclusion du câble français, diverses compagnies anglaises et américaines exploitent onze câbles reliant le vieux monde au nouveau. Elles disposent d'une flottille de quarante steamers jaugeant de 1000 à 4000 tonnes, comptant dans leur armement les derniers perfectionnements de la science télégraphique et montés par un personnel spécial (marins et techniciens), toujours à l'affût pour obvier à la rupture ou au déplacement des câbles au fond des océans.

Le steamer *Mackay-Bennett*, de la *Commercial Cable Company*, a coûté près d'un demi-million de dollars ; en temps ordinaire, les frais d'entretien annuel de cet arsenal télégraphique flottant s'élèvent à près de 100 000 dollars.

Les transmissions télégraphiques doivent satisfaire à ces deux desiderata : célérité et exactitude.

L'exactitude est assurée par les appareils enregistreurs les plus sensibles et les plus perfectionnés.

Quant à la célérité, bornons-nous à dire qu'en septembre 1894 une firme de Manchester fit télégraphier à son gérant à Victoria (Colombie britannique). La réponse parvint au bout de 90 secondes. Or la longueur de fils télégraphiques est de 13 000 milles. Une dépêche met cinq secondes pour être câblée de Londres à New-York.

Et le prix de ces choses-là, dira-t-on ? Vingt-cinq cents par mot entre les points terminus des câbles franco et anglo-américains.

La mer la plus traversée par les câbles est la Méditerranée.

Plusieurs câbles sous-marins sont amorcés à Alexandrie. Ce port est relié par ligne aérienne à Suez, d'où quatre câbles se

les superficies suivantes :

Océan Arctique	4 781 000	milles carrés.
„ Indien	17 084 000	„
„ Atlantique	24 536 000	„
„ Pacifique	50 309 000	„
Mers du Sud	30 592 000	„

Les plus grandes profondeurs de ces océans sont respectivement de 9000 pieds, 18 582 pieds, 27 366 pieds, 30 000 pieds et 25 200 pieds.

(1) Le mille nautique vaut 6082 pieds ou 1852 mètres.

dirigent vers Aden. De ce dernier port, relié au surplus à Bombay par trois lignes sous-marines, le câble de la South African Comp. télégraphie viâ Zanzibar, Mozambique, et Delagoa à Durban (Natal).

De Durban, la dépêche sera adressée à Cape Town, d'où elle sera délivrée à Loanda par un câble télégraphique touchant à Mossamédès et Benguela.

A Loanda, il y a communication avec Saint-Thomas et Bonny, et d'ici avec la voie télégraphique de Saint-Vincent reliée à l'Europe (Lisbonne).

On voit qu'il y a deux câbles pour transmettre en nos pays les nouvelles de l'Afrique du Sud. La rupture de la ligne Durban-Aden a apporté des retards à la transmission des événements récents survenus au Transvaal.

Nous ne ferons pas ici la nomenclature de toutes les lignes sous-marines existantes. Elle trouvera sa place dans un article que nous espérons pouvoir publier dans la *Revue des questions scientifiques*.

Comme il ne suffit pas d'établir la prompte et régulière transmission de la pensée humaine, mais qu'il faut veiller en même temps à la conservation des engins destinés à ce service, la plupart des états ont signé à Paris, le 14 mars 1884, une convention pour la protection des câbles sous-marins.

Cette convention crée un nouveau droit applicable, " en dehors des eaux territoriales, à tous les câbles sous-marins légalement établis et qui atterrissent sur les territoires, colonies ou possessions de l'une des parties contractantes ".

En haute mer, ces câbles sont placés sous la sauvegarde collective des états signataires.

Traité franco-chinois du 20 juin 1895. — La délimitation de la frontière septentrionale du Tonkin est une question datant de la signature du traité franco-chinois du 9 juin 1885. Où finissaient les territoires annamites du Tonkin ? Où commençaient les pays soumis à la souveraineté de la cour de Pékin ?

Soit manque de renseignements, soit difficulté du travail, la question ne put pas être résolue dans son ensemble. On eut hâte de délimiter la section de frontières où l'armée française avait rencontré les bandes chinoises. Grâce aux travaux de la commission diplomatique de délimitation et de la commission d'abornement, on régla, par convention signée à Pékin le 26 juin 1887, la frontière entre la mer de Chine et Laï-Chau sur la rivière Noire.

C'est sur les bases posées par cette convention que se poursuivirent les délimitations sur place. On s'aperçut qu'on avait laissé à la Chine, dans les hautes vallées des rivières tonkinoises, la souveraineté de territoires fort utiles à France. Ainsi, dans la rivière Noire, au nord de Laï-Chau, on avait fait abandon d'une partie de la région soumise à Deo-Van-Tri, un chef relevant de l'autorité française.

Il était nécessaire de reviser la convention de 1887 et de compléter la frontière jusqu'au Mékong, où il y avait contact permanent entre les autorités françaises et les autorités chinoises de la province de Yun-Nan.

La convention signée à Pékin le 20 juin 1895 semble avoir tranché toutes les difficultés.

La frontière englobe dans l'Annam, au nord de Laï-Chau, tous les territoires du chef Deo-Van-Tri. Quant au Tonkin, ses limites sont amorcées à cette dernière région et comprennent dans la vallée du Mékong et de ses affluents plus de la moitié (4700 milles carrés) de l'état shan de Kiang-hung (8600 milles carrés) situé à l'est du Mékong, et la section supérieure de la vallée du Nam-Hou (un affluent du Mékong), dont la plus grande partie forme le territoire septentrional de la province de Luang-Prabang.

Ces frontières naturelles, ces lignes de partage de vallées écartent toute incertitude sur la position exacte des villages, et placent sous la domination de la France des régions où abonde le sel et qui sont les plus riches et les plus fertiles de l'Indo-Chine septentrionale.

La vallée du Nam-Hou est ainsi française dans toute son étendue, tandis que l'importante vallée du Nam-La reste chinoise, de même que les vallées situées plus au nord et où se cultive le thé dont se sert exclusivement l'empereur de la Chine.

Il est probable que ce traité ne sera pas ratifié dans sa rédaction primitive. La Chine n'a pas le droit de céder à la France les états shans; ils lui ont été abandonnés par l'Angleterre pour être compris dans la zone neutre qui doit former l'état tampon projeté entre les possessions françaises et anglaises dans le nord de l'Indo-Chine.

F. Van Ortroy,
Capitaine de cavalerie.

COMPTE RENDU

DU IIIe CONGRÈS SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL DES CATHOLIQUES

TENU A BRUXELLES DU 3 AU 8 SEPTEMBRE 1894.

Fin.

SCIENCES PHILOSOPHIQUES.

—

L'ensemble des travaux philosophiques présentés au dernier Congrès des savants catholiques, tenu à Bruxelles, manifeste avant tout la préoccupation constante de combattre le criticisme kantien et ses tenants positivistes. Cependant un nouveau courant d'idées se fait jour : c'est l'adaptation des principes philosophiques aux théories scientifiques modernes. Et de fait, après avoir démontré que la métaphysique n'est pas une vaine chimère, nous avons bien le droit de la mener de front avec les sciences dites positives, voire même, au besoin, de contrôler les hypothèses de celles-ci par les données certaines de celle-là.

Dès la première séance, M. Bertin ouvre le feu contre l'idéalisme kantien. Mais il tombe dans l'excès opposé en ressuscitant *La Preuve de l'existence de Dieu* selon saint Anselme. On lui montre bien vite que la preuve ontologique, sous quelque forme qu'on la présente, implique un passage illicite de l'ordre idéal à l'ordre réel. Tout ce qu'on peut en déduire, c'est que nous avons l'*idée* d'un être parfait existant, l'*idée* de l'existence d'un être parfait.

Mais voici le travail de M. Halleux, *Le Positivisme et la Philosophie scolastique*, qui va nous donner un exposé aussi clair que méthodique de l'état de la question, et nous montrer les forces respectives des deux adversaires en présence.

Le positivisme, c'est la systématisation exclusive du mode de penser positif. Niant la valeur objective des procédés spéculatifs,

à priori, il limite l'objet du savoir humain au domaine des sciences d'observation. De plus, dans celles-ci les positivistes doivent s'en tenir exclusivement aux données immédiates de l'expérience. Et comme nous ne percevons directement aucune relation ni de causalité ni de substance à accident, ils finissent par réduire l'expérience à la perception de pures apparences, d'impressions subjectives. L'acte de la connaissance se réduit donc à la conscience de ces impressions, et, en dernière analyse, le véritable savant doit se contenter de *sentir* ce qui se passe en lui-même.

Il faut cependant reconnaître dans ce système un fond de vérité qui lui est commun avec la scolastique. Celle-ci aussi affirme que l'expérience sensible est la source primitive de toute connaissance ; que nous ne percevons directement que des phénomènes ; et que ni l'essence intime des corps, ni celle du *moi*, ni surtout celle de l'absolu, ne sont connues par nous d'une façon intuitive. Mais les scolastiques tiennent en même temps que l'intelligence peut, par l'intermédiaire des propriétés, arriver à une certaine connaissance de la nature intime des choses ; et ils attribuent à l'esprit la faculté de comparer ses concepts, de saisir leurs rapports abstraits, et d'arriver ainsi à des principes nécessaires et universels.

Comme on le voit, tout le débat entre les deux écoles porte sur l'examen rationnel des fondements de la science certaine. Problème délicat, dont Mgr Mercier, dans son étude critique sur *La Théorie des trois vérités primitives,* nous précisera les données et la position exacte, pour en déduire l'état initial légitime de l'intelligence au moment où elle aborde cette question.

Tous accordent que nous avons des connaissances auxquelles nous adhérons spontanément et irrésistiblement. Cette certitude subjective, pouvons-nous la justifier au tribunal de la réflexion, par un critère interne et objectif de vérité ? Voilà le problème. Dans quel état l'esprit doit-il se placer pour en tenter la solution?

Les *sceptiques* commencent par tenir la raison pour radicalement suspecte. Mais, poser le doute universel, réel ou fictif, sous prétexte de ne rien préjuger, c'est détruire le problème sans le résoudre, c'est nier *à priori* la possibilité de la science certaine. A ces négations radicales, les *dogmatiques* ont opposé l'affirmation de trois vérités fondamentales et indéniables, qui formeraient la base indémontrable de toute science certaine. Ce sont " les trois vérités primitives ", à savoir : l'affirmation d'un premier principe, le principe de contradiction ; l'affirmation d'un premier

fait, l'existence du *moi ;* enfin l'affirmation d'une première condition, l'aptitude de la raison à connaître la vérité.

Cette théorie, dit Mgr Mercier, ne répond pas au véritable problème. Aucun sceptique ne conteste l'existence d'assentiments spontanément irrésistibles, psychologiquement indéniables : ce sont les *données* mêmes du problème. Mais la question reste entière de savoir si cet assentiment nécessaire résulte de la constitution du sujet pensant ou s'il est dû à une cause objective.

Au surplus, cette théorie pèche par défaut et par excès. Elle pèche par défaut en réduisant à trois le nombre des vérités immédiates et indémontrables, alors qu'il y en a un nombre indéterminé au point de départ de chaque science particulière, et même de la métaphysique. Elle pèche par excès, en ce que deux au moins des vérités énoncées ne sont pas primitives dans le sens de *fondamentales,* et la troisième ne l'est qu'au prix d'une équivoque. Car le principe de contradiction est bien une vérité primordiale, en ce sens qu'il constitue une règle directrice, une condition d'évidence de toute vérité ; mais il ne peut être en aucune façon une prémisse, un moyen de démonstration pour l'acquisition de connaissances ultérieures. Quant à l'existence du sujet pensant, et l'aptitude de la raison à connaître la vérité, ce sont, il est vrai, des conditions réelles, ressortissant à l'*ordre ontologique.* Mais peut-on transporter à l'*ordre logique* ce qui n'est accordé que pour l'ordre *ontologique ?* De ce que la cause précède *réellement* son effet, suit-il que la *connaissance* de la cause doive précéder celle de l'effet ?

Que nous reste-t-il donc à faire, en abordant la question de la certitude? L'intelligence, en réfléchissant sur ses jugements immédiats, a conscience qu'elle ne peut pas ne pas y adhérer. L'état initial de la raison, c'est donc la certitude : dès lors, sans rien nier ni affirmer *à priori,* il faut rechercher la nature intime, les causes de cette certitude.

Cet état de certitude a-t-il pour cause adéquate la constitution du sujet pensant? Alors c'est le subjectivisme qui triomphe. Ou bien cet état est-il provoqué par une influence objective qui détermine l'intelligence à l'adhésion? S'il en est ainsi, la certitude est objective, et il est permis d'en *inférer* que la raison est apte à connaître la vérité.

On reprocha à Mgr Mercier d'avoir mal interprété la théorie de Tongiorgi, mais surtout d'avoir trahi la tradition scolastique en plaçant le critère de certitude dans le témoignage subjectif de la conscience. Quant à la fidélité de l'interprétation, tout le

monde peut en juger par les textes mêmes du P. Tongiorgi que Mgr Mercier a soin de citer. Pour ce qui est du second reproche, il y a un malentendu évident. Mgr Mercier réfute expressément dans son mémoire la thèse subjectiviste qu'on lui a trop légèrement prêtée. " Ce motif. dit-il, ne peut être *le fait même de notre adhésion naturelle*... L'adhésion réfléchie ne pourra se produire que si l'intelligence aperçoit *en dehors d'elle-même* un motif à son assentiment. „ Et quand il parle du témoignage de la conscience. ce n'est pas comme motif dernier de notre certitude qu'il nous la présente (problème auquel d'ailleurs il ne touche pas dans ce mémoire), mais comme nous fournissant les données, la position initiale du problème.

Nous voilà donc fixés sur le sens de la question de la certitude. Kant crut la résoudre dans le sens subjectiviste. Pour cela il essaya de démontrer que toutes nos connaissances immédiates de l'ordre idéal sont le produit d'une synthèse subjective de l'entendement, que ce sont des propositions " synthétiques *à priori* „.

Au congrès scientifique des catholiques de 1888. M. de Margerie, dans une étude sur le principe de causalité, avait soutenu de même que cet axiome est une proposition synthétique *à priori*. C'est pour essayer de terminer la controverse, restée inachevée alors, que le R. P. Fuzier entreprend de réfuter une fois de plus le kantisme en établissant le *Caractère analytique du principe de causalité*.

Et tout d'abord, pour bien s'entendre, dit-il, une proposition est analytique, non seulement quand l'attribut est totalement ou partiellement identique au sujet, mais encore lorsque l'esprit aperçoit dans l'analyse des deux termes la raison de les unir ou de les séparer. Il n'est donc pas nécessaire que toute la compréhension de tous les termes du prédicat, si celui-ci est complexe, soit renfermée dans le sujet : il suffit que l'analyse puisse dégager du premier terme de la proposition ce qu'on affirme de lui dans le second.

Le principe de causalité que M. Fuzier énonce : " tout phénomène exige une cause „, est analytique dans ce sens. C'est-à-dire l'idée de phénomène renferme non pas la notion de cause, qu'on ne lui attribue d'ailleurs point, mais l'exigence d'une cause.

Tout d'abord, si l'on admet avec M. de Margerie la valeur objective du principe, il est impossible d'expliquer comment une faculté rationnelle n'aperçoive pas les conditions de l'existence des phénomènes là où elles sont. c'est-à-dire dans les phéno-

mènes eux-mêmes, et les saisisse là où elles ne sont pas, c'est-à-dire dans l'esprit. Car enfin, une loi quelconque, physique ou métaphysique, se trouve dans les faits qu'elle gouverne et uniquement en eux.

De plus, tout jugement, quel qu'il soit, contingent ou nécessaire, de sa nature même implique une analyse. Juger, c'est affirmer qu'une chose convient ou ne convient pas à une autre, ce qui ne peut se faire que par une analyse. Car c'est toujours la connaissance analytique des caractères essentiels ou accidentels des deux termes, de leur identité totale ou partielle et de leurs rapports, qui permet de les séparer ou de les unir.

M. Fuzier passe ensuite en revue et réfute point par point une série d'objections que renfermait le mémoire de M. de Margerie, et il conclut en montrant comment le principe de causalité vient d'une analyse rationnelle, qui dégage des choses et de leurs concepts leur relation essentielle avec une cause, et en exprime la vérité dans la proposition causale.

Ce travail est remarquable par son argumentation serrée et vigoureuse. Cependant M. Farges fait remarquer qu'il y a une manière plus simple de mettre en évidence le caractère analytique du principe : c'est de le formuler de telle sorte qu'on ne puisse le nier sans nier le principe de contradiction. En conséquence, M. Farges veut qu'on l'énonce ainsi : “ Tout ce qui commence, commence par un autre. „ Mais Mgr Mercier estime que, pour conserver au principe toute sa rigueur et son universalité, on ne peut le restreindre aux choses qui commencent dans le temps. Pour donner au principe de causalité une forme absolument universelle, il est donc préférable de dire : “ l'être contingent existe de par un autre „, tout en admettant cependant que le commencement dans le temps est l'indice ordinaire de la contingence.

Cette position étant acquise sur le kantisme, le positivisme se trouve ébranlé dans sa base, et sa réfutation sur les autres terrains de la philosophie ne souffre pas grande difficulté.

En psychologie d'abord, M. Maisonneuve nous démonte tour à tour les différentes théories de nos adversaires sur la personnalité.

L'hypothèse phénoméniste qui fait de la personne un aggrégat de représentations, sans substance pour les soutenir, est inadmissible. Impossible d'expliquer comment des représentations multiples successives ou simultanées, peuvent se coordonner en un tout, ni comment nous pouvons les comparer et surtout les

retenir. La théorie matérialiste qui fait de la personnalité un amas de cellules ne vaut pas mieux. Elle trouve une barrière infranchissable dans l'unité et l'identité de la personnalité. Cette identité n'est pas détruite par la pluralité de conscience observée dans certains cas pathologiques. Car la conscience ne constitue pas la personnalité, puisqu'elle la suppose et en découle.

Il faut cependant reconnaître que les phénoménistes ont classé, coordonné et expliqué un grand nombre de phénomènes psychiques beaucoup mieux qu'on ne l'avait fait avant eux ; et que les physiologistes ont donné une nouvelle impulsion à la psychologie, par l'application des méthodes expérimentales.

M. le Cte Domet de Vorges, se plaçant à un point de vue moins polémique, nous présente dans un travail, richement documenté de citations non équivoques de saint Thomas et d'Aristote, l'exposé fidèle de la doctrine scolastique sur *Les Ressorts de la volonté et le libre arbitre.*

La volonté est mue vers son objet par trois ressorts. Le premier, et le plus intime, son principe formel et spécifique, c'est le bien abstrait et universel. Mais le principe impulsif qui force la volonté à agir, l'objet matériel dans lequel vient se concrétiser ce bien abstrait, c'est pour chacun sa propre perfection, la béatitude. Enfin la révélation nous apprend que cette béatitude se trouve pour le chrétien dans la possession de Dieu : c'est le ressort de la vie chrétienne.

Comment la volonté se comporte-t-elle vis-à-vis de ces trois impulsions ? La première exclut la liberté : fatalement et nécessairement, la volonté tend vers le bien en général. Mais une fois mise en acte par cette impulsion fondamentale, elle se porte ensuite d'elle-même vers les divers biens réels ou apparents, qui sont autant de moyens pour arriver à la béatitude. Ici elle est libre, parce qu'elle n'a d'autre tendance vers ces objets concrets que celle qu'elle se donne à elle-même. Enfin la possession de Dieu ne nous apparaît en cette vie que comme un bien particulier, et comme tel nous laisse également libres.

Après la psychologie, la logique. Mgr Kiss traite des catégories, *Animadversiones quoad categorias.* Il voudrait supprimer les quatre dernières catégories d'Aristote, *ubi, quando, situm esse, habere,* et subdiviser aussi la substance en substance simple et substance composée.

M. Kozary, par son examen de *La Loi des trois états d'Auguste Comte,* nous ramène en face de l'ennemi, sur le terrain de la philosophie de l'histoire. Cette loi fondamentale de l'évolution

positiviste consiste à dire que chaque branche de nos connaissances passe par trois phases nettement distinctes : l'état théologique ou fictif, l'état métaphysique ou abstrait, et enfin l'état scientifique ou positif. La première est le point de départ de l'esprit humain ; la troisième en est l'état stable et définitif ; la seconde n'est qu'un degré transitoire. M. Kozary montre péremptoirement que cette prétendue loi ne s'applique ni au développement individuel, ni à l'évolution du genre humain, que c'est une pure conception *à priori*, découlant naturellement du système positiviste.

Enfin M. l'abbé Duquesnoy, comprenant combien il est dangereux de faire la moindre concession à un système aussi subversif que le kantisme, veut en extirper les derniers vestiges, alors même qu'ils puissent paraître précieux à quelques philosophes orthodoxes. Il s'attaque donc, et avec plein succès, à *La Preuve de l'existence de Dieu par la loi morale,* preuve introduite par Kant, et dont il montre l'inanité. Car la nécessité qui caractérise les jugements moraux n'exerce aucune influence sur l'existence des actes moraux, ni *à fortiori* sur l'existence d'une autre chose quelconque ; et le droit au bonheur de l'homme vertueux n'exige pas d'une façon absolue la satisfaction de ce droit.

L'histoire de la philosophie n'a pas été oubliée : de remarquables travaux ont été présentés par M. de Margerie : *Le Sophiste de Platon ;* par M. Forget : *Dans quelle mesure les philosophes arabes, continuateurs des philosophes grecs, ont-ils contribué au progrès de la philosophie scolastique ?* et par M. Charles Huit : *Le Platonisme à Byzance et en Italie à la fin du moyen âge.*

Mais nous avons hâte d'arriver à cette phase nouvelle de la philosophie, l'adaptation des théories scolastiques aux principes de la science moderne. Sur ce terrain encore peu exploré, il faut reconnaître qu'on n'a tenté que des essais, aux résultats contestables.

M. Farges est résolument entré dans la voie nouvelle, par son étude sur *La Preuve de l'existence de Dieu par le mouvement.* Rajeunissant l'antique axiome : Aucune puissance ne passe toute seule à l'acte, “ *Quidquid movetur, ab alio movetur* „, il l'établit solidement en face de la science moderne ; il lui emprunte ses propres principes pour en déduire la nécessité de l'existence d'un Premier Moteur, de Dieu. L'argumentation est irréprochable ; cependant elle ne semble pas essentiellement dis-

tincte de la preuve par la contingence. Si la matière n'est pas en acte par elle-même, si les forces ne peuvent produire le mouvement sans l'intervention d'un agent extérieur, c'est précisément à cause de leur contingence.

Le R. P. Bulliot traite le même sujet. Mais, accueillant sans réserve les théories modernes sur le travail et l'énergie, il rejette la notion du mouvement telle que nous l'a laissée Aristote (c'est-à-dire l'acte d'une puissance en tant que puissance) pour en faire un état analogue à l'état de repos. Ce n'est que dans l'accélération qu'il place l'acte de la puissance, de la force. Dès lors, ce n'est pas par le mouvement, mais par la variation du mouvement que l'on prouvera l'existence de Dieu. Cette variation est l'effet de la force vive, force vive qui doit venir d'une autre cause, et finalement de Dieu. Les hommes de science accueillirent ce travail du P. Bulliot, ainsi que son étude sur *Les Concepts de matière et de masse*, avec une sévérité peut-être excessive ; et, malgré tout, nous regrettons vivement que le P. Bulliot ait cru bon de ne pas livrer son travail à la publicité.

Moins significatifs, mais d'une doctrine plus solide sont les rapports de M. l'abbé Torregrossa : *De Constitutione corporum relate ad originem et finalitatem juxta veram Angelici Doctoris mentem ;* et de Mgr Maura y Gelabert : *De Vitae conceptu et principio.* Ces deux mémoires, pour ne pas exposer des idées neuves, se distinguent par la précision de l'exposition, et leur fidélité irréprochable aux doctrines de l'École.

Nous disions au début que les travaux du Congrès avaient visé principalement le kantisme et le positivisme, et n'avaient guère fait qu'aborder les problèmes qui se posent aux confins des sciences et de la philosophie. Nous voudrions qu'au prochain Congrès l'importance de ces problèmes fût mieux comprise. La certitude de l'objectivité des principes semble décidément reconquise : le moment est venu de les appliquer aux faits.

J. Homans.

L'ANNÉE

SCIENTIFIQUE ET RELIGIEUSE (1)

Quand tombent les fins d'année, l'habitude est universelle parmi les commerçants, les industriels, les banquiers, et même les maîtresses de maison soigneuses, de dresser un bilan général des dépenses et des recettes du service écoulé.

Ces chiffres, mis en regard, montrent très clairement comment on marche et où l'on va : si c'est à la fortune ou à la ruine. Et il est fort sage d'y regarder. On peut à temps faire machine en avant ou machine en arrière et éviter les catastrophes. Donc j'encourage les bilans. J'y suis d'autant plus porté que je compte en faire un avec vous.

La mode en est étendue bien au delà de ces questions de coffre-fort et de ménage. Il n'est presque plus de sciences, d'arts, ou d'agréments qui n'en soient venus à faire des revisions analogues, et ne les publie en un volume attrayant. C'est Figuier, si je ne me trompe, qui a ouvert la série, en éditant avec une admirable constance, pendant quelques vingt ans, les très nombreux volumes de son *Année scientifique*.

(1) Conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, dans la session d'avril 1896.

Depuis sont nés des ballots de livres de la même famille : des *Année géographique, Année astronomique, Année photographique,* et le reste ;... même, on le devine, une *Année sportive.*

Eh bien! il faut que nous fassions notre année aussi.

Seulement, placés plus haut que la terre par notre Foi divine, c'est de plus haut également que nous verrons passer l'année ; ce n'est pas au poids du temps que nous la pèserons, mais à la mesure de l'infini et de l'éternel. Ce sera notre année religieuse. Et ce sera aussi notre année scientifique.

Il y a, entre l'incroyance et la Foi, une lutte vieille comme les siècles, lutte de tous les jours et de toutes les heures, lutte acharnée, lutte à mort. La grande arme que l'on brandit contre nous, ce sont, vous le savez, les Sciences. Voilà bon temps que l'on annonçait que nous allions en mourir. Et les coups pleuvaient dru sur nos têtes, d'épouvantables coups, disait-on, et dont le moindre devait nous réduire en miettes.

L'on était si convaincu de notre inévitable désastre, que pas mal d'esprits y croient aujourd'hui comme si c'était arrivé. Beaucoup de gens nous tiennent pour morts. Ils sont tout abasourdis quand on leur apprend qu'il est encore quelque peu question de nous sur la terre.

C'est l'histoire des Chinois battus devant les Japonais vainqueurs. « Comment ! comment ! il y a encore des Japonais en vie ! »

Je ne vais pas m'attarder à constater que nous vivons et que, malgré le fracas et la fanfare positivistes, généralement nous nous portons fort bien.

Mais je voudrais voir à quel point l'an passé a conduit le combat et la grande victoire.

Or, trois documents, je pourrais dire trois événements, qui se sont succédé durant cet intervalle, le montrent en pleine et magnifique lumière. Vous vous en souvenez, car ils ont eu dans le monde des sciences un très grand retentissement. Ce sont :

L'article écrit par M. Brunetière, dans la REVUE DES DEUX MONDES, après son retour de Rome ;

La réplique de M. Richet, dans la REVUE SCIENTIFIQUE ;

La réponse qu'y fit M. Berthelot, entre la poire et le fromage, avant qu'il devînt Ministre de la République.

Le discours de lord Salisbury, à la réunion de la Société royale à Oxford.

Pasteur, l'illustre Pasteur, mourant avec entre les mains la croix du Christ révélateur et sauveur, de ce Christ qui était hier, qui est aujourd'hui, et qui sera dans tous les siècles.

Ah ! nous sommes morts ? et bien, nous l'allons voir !

I. L'ARTICLE DE M. BRUNETIÈRE :

Après une visite au Vatican.

En vérité, on ne l'attendait pas, cet article, et son apparition, où elle ne causa pas d'effarement, produisit une singulière surprise. On savait que, dans un voyage en Italie, le directeur de la REVUE DES DEUX MONDES avait sollicité du Pape une entrevue qui lui avait été aussitôt accordée, et si gracieusement que l'on ne put s'empêcher de mettre en comparaison la fin de non recevoir, répondue quelque temps auparavant à un autre écrivain français, réputé de mauvaise compagnie, qui avait eu l'impertinence de demander la même faveur. Peut-être bien attendait-on que M. Brunetière, rentré en France, donnât de son audience un récit plus ou moins détaillé. La déconvenue fut complète. «J'ai eu l'honneur d'être reçu par Sa Sainteté Léon XIII en audience particulière. Ce qu'il a bien voulu me dire, on ne s'attend sans doute pas que je commette ici, ni nulle part, l'indiscrétion ou l'inconvenance de le publier.»

Mais cette visite avait fait sur l'écrivain une impression

qu'il jugea bon de mettre par écrit. Il le fit simplement, sans emphase, sans aucun genre de mise en scène, en quatrième article de sa revue, après *L'Armature* de Hervieu, un article sur *L'Afrique romaine* de Gaston Boissier, et un autre sur *La Fin du second empire,* par Étienne Lamy.

Or, l'impression est manifeste : il est évident qu'en présence du suprême chef de l'Église, la question de la Foi s'est posée tout entière devant lui. Je résumerais très correctement son travail en ce mot : « Pas plus que de pain l'homme ne peut se passer de Foi. »

Et la Science ? Précisément nous y voilà.

C'est en effet à la Science que M. Brunetière fait le procès.

«En fait, les sciences physiques ou naturelles nous avaient promis de supprimer « le mystère ». Or, non seulement elles ne l'ont pas supprimé, mais nous voyons clairement aujourd'hui qu'elles ne l'éclairciront jamais. Elles sont impuissantes, je ne dis pas à résoudre, mais à poser convenablement les seules questions qui importent : ce sont celles qui touchent à l'origine de l'homme, à la loi de sa conduite, et à sa destinée future. L'inconnaissable nous entoure, il nous enveloppe, il nous étreint, et nous ne pouvons tirer des lois de la physique ou des résultats de la physiologie aucun moyen d'en rien connaître.

... » Une réponse à la question d'où nous venons, la théorie de l'évolution ne nous en donnera jamais..... Ni l'anthropologie, ni l'ethnographie, ni la linguistique ne nous en donneront non plus à la question de savoir ce que nous sommes..... Ai-je besoin d'ajouter qu'à plus forte raison les sciences naturelles ne décideront jamais la question de savoir où nous allons ? Qu'est-ce que l'anatomie, qu'est-ce que la physiologie nous ont appris de notre destinée ?... Leurs recherches et leurs découvertes, — dont je ne méconnais pas au surplus l'intérêt, — n'ont abouti finalement qu'à fortifier en nous notre attache à la

vie, ce qui semble, en vérité, le comble de la déraison chez un être qui doit mourir. »

Et marchant du même pas à travers les sciences philologiques et historiques, il arrive à conclure également contre elles. Puis il dit ce mot qu'on lui a reproché avec l'irritation d'un amour-propre blessé à mort :

« Si ce ne sont pas là des banqueroutes totales, ce sont du moins des faillites partielles, et l'on conçoit aisément qu'elles aient ébranlé le crédit de la Science. Qui donc a prononcé cette parole imprudente, « que la Science ne » valut qu'autant qu'elle peut rechercher ce que la religion » prétend enseigner ? » Et encore celle-ci : « que la Science n'a » vraiment commencé que le jour où la raison s'est prise » au sérieux et s'est dit à elle-même : Tout me fait défaut, » de moi seule me viendra mon salut ? » « Taisez-vous, raison » imbécile, » aurait sans doute répondu Pascal ; et, à la vérité,.... pour le moment et pour longtemps encore, il semble que la raison soit impuissante à se délivrer seulement de ses doutes, bien loin de pouvoir faire elle-même son salut ; et s'il est vrai que depuis cent ans la Science ait prétendu remplacer la religion, la Science pour le moment et pour longtemps encore a perdu la partie..... En attendant, il faut vivre, d'une vie qui ne soit pas purement animale, et la Science, aucune Science aujourd'hui ne saurait nous en donner les moyens. »

C'est là, en effet, une dernière question qui angoisse l'homme, et que la Science ne saurait résoudre : il ne lui suffit pas de savoir d'où il vient, ce qu'il est et où il va ; il doit savoir comment il faut vivre, c'est-à-dire connaître avec assurance la grande loi du devoir. On s'est flatté d'y répondre en dehors de toute croyance religieuse ; on n'y a pas réussi. Et reprenant un mot d'Edmond Scherer, M. Brunetière écrit : « Sachons voir les choses comme elles sont : la morale, la vraie, la bonne, l'ancienne, l'impérative, a besoin de l'absolu ; elle aspire à la transcendance ; elle ne trouve son appui qu'en Dieu... La conscience est

comme le cœur : il lui faut un au delà. Le devoir n'est rien s'il n'est sublime ; et la vie devient chose frivole si elle n'implique pas des relations éternelles... Une morale n'est rien si elle n'est pas religieuse. »

Je citerai encore ces mots : « Tenons-le donc pour dûment acquis : la physique ne peut rien contre le miracle même, puisqu'il se définit par une dérogation de la nature à ses lois ; l'exégèse ne peut rien contre la révélation ; et j'ose bien avancer que, si l'on fonde jamais une morale purement laïque, une morale indépendante — je ne dis pas de toute métaphysique, mais de toute religion, — ce n'est pas dans la physiologie que nous lui trouverons une base (1). »

Le retentissement de cet article fut immense. La haute position de l'auteur, la tribune d'où il parlait, l'autorité qui depuis longtemps était attachée à son nom, la profondeur habituelle de ses vues, sa réputation de normalien, et jusqu'à cette petite église de la *Revue bleue,* très hétérodoxe, on le sait, où il avait fait ses premières armes, tout concourait à en faire, comme je l'ai dit plus haut, un véritable événement. C'était à la Science une déclaration de guerre, très cruelle, non seulement parce qu'elle partait du milieu de ses rangs, mais surtout parce qu'au fond elle était fort dédaigneuse et méprisante. On la traitait de belle prometteuse et de banqueroutière ! Voilà de ces mots qui ne se pardonnent pas.

En vérité, je les trouve fâcheux. Et M. Brunetière lui-même l'a fort bien senti, car en commençant son article il s'en explique. La Science ne promet rien, elle donne sans rien dire. Ce sont les savants, quelques savants, qui promettent, avec beaucoup et de très charlatanesques paroles, et qui ne tiennent pas. Ce n'est pas elle, ce sont

(1) Ferdinand Brunetière, de l'Académie française, *Après une visite au Vatican*. REVUE DES DEUX MONDES, 1er janvier 1895.

eux qui font banqueroute et faillite, l'une et l'autre souvent frauduleuses. C'est donc aux savants qu'il eût fallu s'en prendre, et ne pas laisser à des adversaires à court de raison ce point faible sur lequel ils vont sembler prendre des avantages.

Une chose me saisit, et il est impossible qu'elle ne vous frappe pas. C'est la très fière et très grande tenue du savant croyant, en face des belligérants que nous allons voir en campagne.

M. Brunetière ne croit pas, ou du moins il ne croyait pas. Il a cru à la Science, il a beaucoup attendu d'elle : son langage est d'un désillusionné, d'un désenchanté trompé dans ses espérances. Il est amer dans les reproches qu'il fait à cette maîtresse infidèle.

Les savants à promesses auxquels il fait le procès et qui vont se défendre sont, eux, manifestement hantés par la préoccupation antidogmatique, ils logent dans leur cerveau l'idée préjudicielle, ce sont des hommes à système; ce n'est pas la vérité qu'ils cherchent, c'est la négation religieuse, et ils ne s'en cachent pas. Or si, d'une part, ces désillusions naïves ont un côté par où elles font sourire, d'autre part, ces préoccupations extra-scientifiques sont si puériles et si petites que vraiment elles diminuent à proportion l'esprit qui s'en laisse envahir. Ce ne sont plus des savants, ce sont de vrais sectaires, avec toute l'étroitesse d'esprit et d'envergure que supposent des passions aussi surannées.

Combien plus libre est l'esprit du savant qui, aux lumières de l'intelligence humaine, joint par la Foi les lumières de l'intelligence divine !

Il sait jusqu'où s'étend le domaine des corps, et il l'explore, armé du magnifique outil de l'observation et de l'expérience ; il sait jusqu'où s'étend le domaine des sciences de l'esprit, et il le parcourt, sur l'aile de la raison humaine ; mais il n'a garde d'apporter en ce pays nouveau les instruments dont il se servait tout à l'heure ! Il laisse

à la frontière ses compas, ses balances, ses chiffres et les burettes de ses analyses ; il ne rêve pas de trouver la pensée à la pointe d'un scalpel ou la liberté morale dans une vibration de pulpe cérébrale.

Arrivé au bout de ce domaine nouveau, il sait qu'au delà s'ouvrent des régions pressenties, où sa raison ne saurait atteindre : toute cette sphère, qui est bien pour nous l'inconnaissable, mais qui ne l'est pas pour Dieu. Et il attend de Dieu qu'il lui donne des nouvelles de cette patrie d'au delà le temps et la tombe.

Quel calme, quelle paix, et quelle liberté d'esprit ! Et surtout quelle lumière ! On dirait d'un beau temple, où sous les portiques rayonnent les choses, où dans le sanctuaire l'esprit s'illumine, où dans le Saint des Saints resplendit le ciel ! Et sans heurt, sans ombre, ces lumières progressives doucement se fondent en une ravissante clarté qui baigne les âmes et les inonde.

D'où nous venons ? Je le sais. Où nous allons ? Je le sais. Ce que nous sommes ? Je le sais. Comment il nous faut vivre ? Je le sais.

Certes, ce n'est point la Science qui me l'a enseigné. Je ne lui en ai jamais demandé autant, sachant qu'elle n'eût su me le donner. Je ne lui ai demandé que ce qu'elle pouvait, et elle ne m'a causé ni déception ni désenchantement; elle ne m'a point fait faillite. Elle m'a donné généreusement ce que j'attendais d'elle ; elle me le donnera jusqu'au bout, et c'est pourquoi je l'aime et de quoi je la bénis.

II. RÉPLIQUE DE M. RICHET :

La Science a-t-elle fait banqueroute ?

L'article de M. Brunetière paraissait le 1er janvier ; le 12 janvier paraissait une première réponse. Dans la *Revue rose*, sœur de la *Revue bleue*, où M. Brunetière

écrivait autrefois, M. Charles Richet se demandait si, en vérité, la Science avait fait banqueroute. On le voit, il sautait sur le mot.

Je voudrais être fort exact dans l'analyse de la réponse de M. Richet. Elle est la plus sérieuse qui ait été faite ; elle est de plus dans ce ton de très bonne compagnie, dont s'écartent généralement la plupart des polémiques contemporaines. Et cependant je suis fort embarrassé, parce que M. Richet n'a pas répondu grand'chose.

Après une entrée en matière où il déclare qu'il n'est pas nécessaire de prendre au tragique cette promesse que la Science aurait faite de renouveler la face du monde, les savants ayant, entre autres prétentions, celle d'être très modestes, il montre que c'est la Science même qui leur commande cette modestie. Elle apprend en effet que la terre est un atome dans le système solaire, le système solaire un atome dans le monde visible, et le monde visible un atome dans l'immensité de l'espace. Ici une courte variation sur Galilée. C'était indiqué.

L'homme n'est pas davantage dans le temps que dans l'espace. Ici les 6000 ans de la Bible.

Donc la modestie convient.

Une fois engagé dans cette veine d'humilité, M. Richet en vient aux aveux. « Avouer l'impuissance de la Science est une règle élémentaire de toute connaissance scientifique. Nous n'assistons qu'à des phénomènes. La nature intime des choses nous échappe. » Nos instruments ne nous donneront jamais « le pourquoi de la matière et de la vie... Pour découvrir des lois, et des faits, et des phénomènes, nous n'en sommes pas plus avancés quant à l'essence même des choses... Loin d'être en état de tout pénétrer, l'homme ne peut prétendre à rien pénétrer. Chaque progrès scientifique rend plus lointaine encore, si possible, la conquête de l'absolue vérité. A chaque pas qu'on fait en avant, on découvre que la limite s'écarte, si

bien que ce sont les plus savants qui connaissent le mieux l'étendue de leur ignorance ».

Voilà certes des propositions que M. Brunetière signerait, et l'on ne voit pas en quoi elles peuvent contredire sa thèse.

Mais M. Richet va se reprendre : il va montrer « que la Science a exercé quelque influence dans le monde ». Et il détaille ce que l'on appelle communément les conquêtes de la Science contemporaine. Il le fait avec la modération sage d'un esprit sérieux et réfléchi, n'outrant pas ces progrès et les tenant où ils sont en vérité, dans l'ordre de la matière et des choses de la matière. Il ajoute : « Nous croyons bien que le dernier mot de la Science n'est pas dit. C'est encore l'enfance, et la très tendre enfance. De sorte que les progrès accomplis ne peuvent nous offrir qu'une faible image des progrès à venir. Vis-à-vis de l'infini et de l'absolu, ces progrès ne sont rien assurément. L'univers restera toujours inconnaissable et impénétrable. Mais les progrès dus à la Science, nuls au point de vue de la métaphysique transcendante, sont beaucoup pour le soulagement des maux de l'humanité. »

Ici encore M. Brunetière signerait.

« Pourquoi y a-t-il une évolution ? pourquoi des êtres humains ? pourquoi la vie sur la terre ? pourquoi tel ou tel sens à l'évolution de cette vie ? quel but ? quelle destinée future ? C'est ici que l'inconnaissable apparaît, et que nous touchons aux limites de la Science. Peut-être un jour reculerons-nous le problème ; il est certain que nous ne le résoudrons pas totalement. »

M. Brunetière signerait toujours.

Or, nous avons dépassé la bonne première moitié de l'article : quand donc arrivera la réponse annoncée ? La voici.

Il est donc reconnu que « les Sciences ont fait le progrès matériel de l'humanité... Mais qu'ont-elles fait pour le progrès moral ? »

La question est bien posée.

« Rien », a dit M. Brunetière.

Et c'est à quoi va contredire M. Richet.

Je vous prie de donner toute votre attention à son argumentation ; la question en vaut bien la peine.

« Si l'on venait à interroger un savant, dit-il lui-même, et à lui dire : Cet éther bromé que vous étudiez depuis dix ans, comment va-t-il retentir sur la morale ?... Par quels détours l'analyse des fonctions de $\Sigma \frac{\theta^{x-1}}{n}$ va-t-elle modifier la conception du devoir ?... Comment deviendra-t-on meilleur par suite d'une diagnose plus parfaite entre l'*Ostrea aculata* et l' *O. tegminata ?* il est probable que le savant se mettrait à rire... ; il n'a pas souci de morale ; il cherche seulement la vérité. »

En vérité, pour être sage, le savant devrait ne point rire, et se borner à répondre : « La morale ne sort pas de mes officines : adressez-vous ailleurs. » Il éviterait l'accident qui va tantôt arriver à M. Richet. Car, après avoir si bien posé la question, après avoir fait ressortir d'une façon si pittoresque l'inaptitude de la Science pour la résoudre, il essaie de montrer qu'elle le peut et qu'elle l'a fait. Voici le fond de son raisonnement :

« Toutes les conquêtes de la Science font corps avec notre civilisation actuelle, tant et si bien qu'elles constituent notre morale. Science, civilisation et morale, ces trois termes sont parallèles. Il est impossible de concevoir des progrès de la morale sans que ces progrès entraînent ceux de la civilisation, et réciproquement. Or les progrès de la civilisation sont dus à la Science. »

La somme d'erreurs condensées en cette phrase est étonnante. Aussi la phrase s'en ressent et prend des tournures de charabia. Science, civilisation, morale, termes parallèles ? Mais rien n'est plus distinct ! Distinct dans la source, distinct dans l'objet, distinct dans les effets et dans les conséquences. Termes parallèles ? Oui, mais à la manière des forces qui, sur des directions parallèles,

peuvent tirer et pousser en sens contraire. Termes parallèles ? Mais que de fois, quand monte la civilisation matérielle, tombe et descend la civilisation morale ! Termes parallèles ? Ah ! voyez donc nos grandes villes, où brillent et rayonnent dans tout leur éclat le progrès, les découvertes, et les bienfaits de la Science ; où toutes vos promesses attirent à la curée les passions et les concupiscences humaines ; où, comme des chiens sur un os, se jettent sur un peu d'or ou sur un peu de chair tous les affamés de la fortune et de la joie : est-ce là de la morale ? est-ce même de la civilisation ?

Ah ! que vous auriez mieux fait, M. Richet, de vous en tenir à diagnoser les deux huîtres dont vous parliez tantôt et de renvoyer au voisin le chercheur de morale ! Mais non : après la proclamation de son dogme, il va chanter un hymne. Je vous dois de le citer tout entier :

« A l'heure présente, il y a une morale qui s'impose à l'humanité civilisée... Cette morale est fondée sur la notion de la solidarité humaine. Le mal, c'est la douleur des autres. Voilà ce que nous ont appris » — devinez quoi ? je vous le donne en mille ! — « la physique et la zoologie, la chimie et l'astronomie, la botanique et la physiologie, la géographie et la philologie, l'anthropologie et les mathématiques... Sans se perdre dans les nuages de l'avenir problématique qui l'attendrait après cette existence terrestre, l'homme ne va pas pour le moment au delà de cette simple constatation, qu'il faut faire son devoir, et que son devoir est clair ; qu'il faut avant tout être juste et bon, et qu'il y a une fraternité humaine ; que les luttes des classes ou les luttes des nations sont des crimes ; que l'égoïsme et la dureté de cœur sont des vices insupportables ; que l'oubli de soi-même est nécessaire ; que l'abnégation est encore le meilleur moyen, et peut-être le seul, d'être heureux ; qu'elle est, en tout cas, un *impératif catégorique* qui s'impose, et auquel nul n'a le droit de se soustraire. »

Et moi qui croyais que tout cela nous venait du vieux Décalogue de la Bible et de l'Évangile ! avec plus de clarté, il est vrai, et moins de grandiloquence vide.

Je me trompais et vous vous trompiez.

Cela nous vient de la physique et de la zoologie, de la chimie et de l'astronomie, de la botanique et de la physiologie, de la géographie et de la philologie, de l'anthropologie et des mathématiques ! Vraiment ! Je voudrais bien qu'on me cite l'endroit et les références.

En vérité, on croirait rêver !

Mais voici le comble : « Au demeurant,... la morale que l'Église enseigne aujourd'hui n'est pas très différente de celle que la Science nous enseigne. Savoir si c'est l'Église qui l'a donnée à la Science, ou la Science qui l'a donnée à l'Église, c'est un problème dont l'intérêt est peut-être secondaire. »

Mais toute la question est là, M. Richet !

III. LE BANQUET DE SAINT-MANDÉ.

Discours de M. Berthelot.

Il parut, même au camp de la Science et des savants, qu'une telle réponse à l'ennemi ressemblait trop à une défaite, et qu'une fois encore la Science y perdait la partie. On ne voulut pas laisser à la Foi le bénéfice d'une si éclatante victoire. On voulut mieux. On imagina de guerroyer plus bruyamment, et l'on convint, ô la plaisante industrie ! de venger la Science en un banquet, en mains les coupes !

Le contraste, à coup sûr, vaut bien qu'on le relève. M. Brunetière, pour soulever ce débat où sont en jeu les plus hautes préoccupations de l'âme humaine, avait choisi une noble arène. La tribune où il parle, cette Revue des Deux Mondes, si souvent hostile à la Foi et à

l'Église, n'en est pas moins restée, aux yeux de la plupart des esprits cultivés, la première tribune intellectuelle de la France. C'est là, du haut de cette chaire académique, devant un aréopage de lecteurs séligés, qu'il porte la question souveraine de la destinée et du devoir présent de l'homme. On y sent la sérénité, le calme et le silence où se doivent méditer ces vastes pensées ; si ce n'est pas le temple où l'on prie, c'est du moins la solitude où l'on contemple ; aucun des bruits tumultueux de la place publique, aucune des poussées brutales de la foule n'y vient troubler la considération des choses éternelles.

Et les tenants de la Science blessée, pour la défendre et la venger, choisissent quoi ?... Un hôtel banal, une salle ou « salon des familles », et un banquet à cent sous par tête, café, cognac et tabac compris ; et là se rassemblent « des présidents et des ministres, des sénateurs et des députés, des conseillers municipaux, des poètes et des romanciers, des peintres, des sculpteurs, des médecins, des avocats, des professeurs, Homais et Charles Bovary, Bouvard et Pécuchet ! »

Et à leur tête ? Je laisse parler M. Brunetière, dans une très fine lettre au FIGARO : « Professeur au Collège de France, directeur et président de section à l'école des Hautes-Études, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, grand officier de la Légion d'honneur, sénateur, ancien ministre (1), membre d'une foule de conseils plus supérieurs les uns que les autres, logé par l'État à la ville et à la campagne, du côté de Meudon, où l'on conte qu'il étudie la fixation de l'oxygène par le vert des plantes en mangeant des fraises exquises, on ne peut pas dire que la Science ait fait banqueroute à mon très cher et très éminent confrère, M. Marcellin Berthelot. En dépit de l'envie, il avait donc tous les titres qu'il faut pour être la parure du banquet que l'on célèbrera ce soir. »

(1) Il pourrait ajouter aujourd'hui : ministre des Affaires étrangères de la République française.

Il faut le reconnaître, la Science n'en pouvait mais : ce n'était point de sa faute si on la mettait en si fâcheuse posture. Mais quelle impression irritée ont éprouvé ceux qui l'aiment et la respectent, et qui la savent digne, de la voir commise ainsi au milieu du fumet des viandes, des relents de vin et de tabac ! C'était à quelque tribune d'esprit qu'il fallait la faire parler, et on la hisse sur une table d'auberge, devant des ventres repus ! Est-ce que l'on n'a donc pas saisi, en France, ce pays des délicatesses suprêmes, cette suprême inconvenance ?

Mais n'insistons pas. On a donc discouru, après boire, de Science et de Foi. Six discours ont été prononcés. Ne craignez rien, je ne les referai pas. Le premier, par M. Poincaré, ministre de l'Instruction publique. Discours très correct, qui met en lumière les incontestables mérites scientifiques de M. Berthelot, et très habilement « ne sait pas et ne veut pas savoir si quelque polémique a retenu sa place au banquet ».

Le second est de M. Berthelot. Le genre en est un peu démodé ; une phrase comme exemple : « L'idéal des sociétés nouvelles a été proclamé dans le monde par les philosophes et les savants de la Révolution française, au nom de la Raison et de la Science, courbées depuis des siècles sous le joug oppresseur de la théocratie, de la monarchie et de la féodalité, trois pouvoirs qui dominent encore aujourd'hui sur la terre, en dehors de la France et des États-Unis. »

Vous le voyez, cela retarde !

Mais il faut en venir à la question, à la seule question, celle qu'a posée M. Brunetière, et qui cause, même en ce banquet, un si tumultueux émoi. Or voici dans tout le discours ce que je trouve.

« La Science a deux puissances, l'une morale, l'autre matérielle... L'origine de cette double puissance est tout entière dans notre méthode, qui consiste à tirer toute connaissance exacte de l'observation et de l'expérience,

en écartant le mystère des révélations.... La méthode scientifique est devenue la source principale, sinon unique, du progrès moral et matériel des sociétés d'à présent... La Science a été la source de tous les progrès accomplis par la race humaine depuis ses lointaines origines... »

Cela, c'est la thèse : mais la preuve ?

La preuve ? Je ne suis pas bien sûr de l'avoir découverte. Peut-être est-ce ceci, mais je n'oserais pas le jurer ; en tout cas je puis jurer qu'il n'y a pas autre chose :

« Morale privée et morale publique, politique et sociologie, il n'y a là rien qui doive être arbitraire, rien qui ne doive être mis en conformité avec les règles scientifiques, déduites de l'observation et de l'induction, c'est-à-dire de la connaissance des lois qui président à la constitution physiologique et morale de l'homme... C'est la Science qui établit les seules bases inébranlables de la morale, en constatant comment celle-ci est fondée sur les sentiments instinctifs de la nature humaine, précisés et agrandis par l'évolution incessante de nos connaissances et le développement héréditaire de nos aptitudes... La morale privée, la morale sociale et les institutions qui en dérivent changent et progressent comme le reste : elles s'avancent aujourd'hui vers un idéal de solidarité supérieur aux conceptions chrétiennes, fondées sur la résignation à l'oppression, sur la haine de la nature envisagée comme maudite, sur le mépris du travail regardé comme œuvre servile, conceptions qui ont été imposées pendant tant de siècles comme la limite dernière de la perfection. Aujourd'hui nous déclarons le droit de tout homme au développement de ses facultés par l'éducation ; nous déclarons son droit à la vie matérielle, intellectuelle et morale. Nous déclarons que notre devoir à tous ne consiste pas seulement à aider notre prochain par une aumône ou une charité, trop souvent aveugle ou insuffisante, mais nous devons le prendre par la main comme un frère et lui assurer, par tous les moyens pacifiques et légaux, sa part

légitime dans les bénéfices d'une société où toute jouissance et toute propriété sont les fruits du travail accumulé par les générations antérieures... Telles sont ou plutôt telles doivent être les conséquences de l'application de la Science moderne à la morale et à la politique. »

Et c'est tout, je vous assure que c'est tout. En vérité, M. Richet était plus fort, et point ne valait la peine de monter un banquet pour cela.

Où trouver un argument dans tout ce fatras ? Pour un esprit à coup sûr très élevé et de marque en science, quelle pauvreté intellectuelle !

Il y a de tout dans ce discours : révolution française, Renan, le catéchisme, les dogmes invariables de l'art, Memphis, Babylone, Mycènes, intervention du bras séculier, sacrifices humains, pèlerinages, Copernic et Galilée, Servet et Vanini, Voltaire et Condorcet. Une chose manque, et cruellement : un peu de bon sens et de logique.

*
* *

Quand je parle de morale et de loi morale, — il convient de parler français pourtant, — j'entends parler de la loi éternelle imposée aux actes libres de l'homme. Et nous l'entendons tous ainsi.

Notre raison, sans le concours d'aucune révélation, suffit à nous faire découvrir les premiers principes de cette loi. Elle constitue ainsi un code très réduit, assez vague, auquel on attache d'ordinaire l'étiquette de morale naturelle. Aristote et Platon, dans l'antiquité, en ont été les maîtres ; nos contemporains n'en ont pas approché malgré tous leurs essais. Vous connaissez, et je n'ai garde de vous les exposer à nouveau, les théories de Bentham et de Stuart-Mill, et les pastiches de morale qu'on a tenté d'introduire dans les manuels des écoles neutres, sous le nom très incorrect de morale indépendante.

En tout cela, c'était à la raison que l'on en appelait,

non point à la Science ; et M. Berthelot n'a point droit de se parer même de ces misérables plumes.

Mais Herbert Spencer, d'une part, et d'autre part les positivistes français, sous le drapeau de Littré, ont tenté de construire des morales scientifiques.

Pour Herbert Spencer, l'évolution est la loi de l'univers. Elle ne détermine pas seulement les lois du monde, elle donne naissance aussi aux lois de la pensée, et par les lois de la pensée aux lois de la morale.

Voici d'ailleurs son procédé. L'évolution se fait par une multiplication des organes et des parties de l'être, qui lui permet de mieux s'adapter au milieu complexe où il vit, et d'avoir ainsi plus de ressources pour se maintenir dans l'existence et en jouir. L'univers a produit l'homme et le façonne à son image. De son côté, l'homme, sous cette action, se forme des sentiments et des habitudes qu'il transmet par hérédité à ses descendants et qui constituent ce que nous appelons nos idées et nos lois morales. La moralité absolue est la conformité absolue de l'homme avec le milieu et les circonstances physiologiques dans lesquels doit se dérouler sa vie. C'est le terme de l'évolution.

Pour M. Littré et ses tenants, le devoir et les lois de l'activité humaine ne sont que des poussées physiologiques. L'instinct de la conservation me dicte impérieusement mes devoirs envers moi-même ; l'instinct de la propagation m'indique de même mes devoirs envers les autres ; enfin un besoin d'activité intellectuelle m'incite à ce que l'on appelle les sentiments désintéressés, l'amour du vrai, du beau et du juste.

Est-il besoin de faire remarquer combien petite en tous ces systèmes est la part des Sciences proprement dites, et combien grande la part de la raison et de la philosophie, de cette odieuse métaphysique pour laquelle on n'a pas assez de malédictions et à laquelle on revient toujours ?

La part de la Science en morale, sa vraie part, je vais vous la dire. Mais j'ai tort de dire la Science, il faudrait

dire les savants, et non pas tous, mais les savants sectaires et intempérants, à la façon des Berthelot, qui, même au fond de leur laboratoire, tandis qu'ils noient dans l'effluve électrique l'argon et la benzine, se sentent rongés d'un prurit de blasphème et rêvent de monter en chaire, fût-ce après un banquet, pour arracher au monde une Foi qui les gêne et malgré eux les étreint.

Ce qu'ils ont fait pour la morale, ces savants-là ?

Ils ont commencé par la ruiner de fond en comble, en niant le Dieu qui l'impose et qui la venge. Qu'est-ce que me fait une loi qui me vient je ne sais de qui, je ne sais d'où ? Qui est-elle, pour avoir le droit de s'imposer à ma volonté libre ? Et que me fait une loi que je puis enfreindre sans qu'il y ait un Juge pour me demander compte, et un Maître pour me punir, et un Père pour me récompenser ?

A la place de Dieu, je le sais, ces messieurs ont mis un *impératif catégorique*. Ah ! le bon billet ! L'impératif catégorique ? c'est quelque chose, on ne sait trop quoi, qui n'est pas Dieu, mais qui remplace Dieu. C'est quelque chose et ce n'est rien. Cela m'oblige, parce que je sens que cela m'oblige, et je ne parviens pas à savoir pourquoi cela m'oblige. Cela met l'homme dans la situation très jocrisse d'un pauvre tringlot qui s'entend crier : « Portez arme, présentez arme, par le flanc droit, par le flanc gauche », sans qu'il découvre autour de lui l'ombre même d'un caporal qui crie !

Ces savants ont fait mieux. Ils ont détruit la source même de toute morale, en niant la liberté humaine. Qu'est-ce que je suis responsable de mes actes, si je les fais fatalement, nécessairement, à la manière d'une machine qui tourne ou d'une pierre qui tombe ? Et n'est-ce pas ce que l'on a prêché, ce que l'on prêche encore tous les jours ? Qu'est-ce que c'est que toutes les théories lombrosiennes, sinon la négation de la liberté humaine, enchaînée, ligottée par les inéluctables poussées de l'hérédité ? Qu'est-ce que c'est que l'homme, sinon un automate

condamné à des actes réglés à l'avance par la constitution préalable d'une pulpe cérébrale sur laquelle il n'a nulle action ? Et c'est avec cela que l'on veut faire de la morale ?

Pas de Dieu et une brute !

Mais laissons encore tout cela : l'évolution, — et cette fois nous arrivons au sommet le plus glorieux que revendiquent nos savants d'aujourd'hui, — l'évolution est la loi du monde et de l'univers. Admettons. Quelle règle morale va-t-il sortir de là ? Cherchez bien, il y en a une peut-être ; une seule, il est vrai, mais qui découle vraiment de cette universelle et lumineuse théorie : « Sois fort, car ce sont les forts qui l'emportent ; » ou plus correctement : « sois habile, car ce sont les habiles qui gagnent la partie. » Cette seconde formule rend mieux la théorie et a l'avantage d'être à la portée de tout le monde. Il n'est pas donné à tous d'être forts, tandis qu'avec un peu d'exercice, incités par l'exemple, même les faibles peuvent devenir habiles.

« Va donc, mon fils, tu as un instinct qui te pousse à bien te conserver toi-même, va, mais sois habile. » Je crois bien que voilà un commandement accepté fort aisément par les humains. Mais, faites attention, c'est le seul. On nous dit bien que de l'instinct de propagation va sortir l'ensemble des préceptes altruistes ; mais en vérité pour qui nous prend-on ? Est-ce que nous ne voyons pas ce qui se passe ? Ce grand instinct, noble et digne, solennel et généreux, qu'est-ce que l'homme en a fait ? Un sentiment d'amour pour les autres ? Allons donc ! Il en a fait la jouissance la plus odieusement égoïste qui se puisse imaginer ! Il y sacrifie à sa passion personnelle la vertu et la faiblesse, il y descend à un degré d'avilissement qui le fait rougir lui-même de lui-même. Propagation de la race ! En vérité, c'est bien de cela qu'il s'agit : mais c'est là ce qui l'épouvante, dont il se détourne et se gare comme d'une intolérable infortune. Vous savez bien que je dois me taire, et que cette prétendue source de l'altruisme et de l'amour

des autres, l'homme en a fait chose si infecte qu'on n'en saurait parler, non seulement entre chrétiens, mais entre gens bien élevés qui seulement se respectent!

Donc pas de maître, pas de loi, pas de juge, pas de vengeur ; des instincts, et comme conclusion des grandes lois de la lutte pour l'existence, les deux préceptes que j'ai dit : « Sois fort, sois habile, la vie est à ce prix. »

Elle est jolie, la morale!

*
* *

Il y eut d'autres discours au banquet de Saint-Mandé.

Il y en eut un de M. Perrier, qui débute par nous faire connaître que, si la Science n'a pas encore résolu l'énigme de la vie, — ce qui eût été un magnifique couronnement pour l'œuvre déjà si colossale du XIXe siècle, — c'est uniquement parce qu'il fallait laisser quelque chose à faire au XXe, et à nos descendants! Pour le coup, voilà bien de l'altruisme, et cette préoccupation est touchante. Et l'on dira que ces savants n'ont pas de morale?

Ce M. Perrier a du reste un tableau charmant de l'avenir de la science. Il voit l'homme du XXe siècle, ou plutôt du XXIe, « affranchi, pour se procurer sa nourriture, de la nécessité de cultiver péniblement la terre, affranchi des soucis de l'élevage,... fabriquant lui-même de toutes pièces, sans autre matière première que l'air, l'eau et le charbon, ces aliments que nous ne pouvons nous procurer aujourd'hui qu'en détruisant des milliards de plantes et d'animaux.

» Quelle simplification dans nos rouages administratifs, quelle révolution dans les mœurs!... la margarine réhabilitée, les vins sans raisin tenus pour supérieurs aux meilleurs crus de la Bourgogne et du Bordelais,.... le laboratoire municipal et le tribunal correctionnel chargés de poursuivre l'introduction frauduleuse dans les aliments d'extraits de viande, de farine de blé, de jus de raisin

réputés désormais insalubres ; l'homme protégeant, pour le plaisir de ses yeux, les animaux et les plantes,... voilà, mon cher Maître, l'âge d'or que vous avez rêvé pour les chimistes, et — ce que vous n'avez pas dit — c'est que vous l'avez plus qu'à moitié réalisé. »

Plus qu'à moitié ! Et, probablement, si M. Berthelot a laissé en arrière la petite moitié restante, c'est qu'il fallait réserver quelque besogne au xxe siècle ! Bien obligé ! On sent que ces messieurs sont à table : leur idéal s'en ressent.

Mais... la morale ? Il n'en est pas question dans le discours de M. Perrier. Le mot y est bien dit, deux fois si je ne me trompe, mais la chose est absente.

Vient ensuite un discours de M. Richet ; encore une fois, de tous le plus sérieux, le plus nourri d'idées, le plus dépouillé de phraséologie vide et sonore. J'y reviendrai tantôt, mais, pour en finir avec ce fameux banquet, disons vite que parlèrent encore M. Brisson et M. Émile Zola. Oui, M. Zola voulut dire son mot sur la morale scientifique !

Or ce mot est superbe !

« Puisqu'on a eu l'imprudence de soulever ce débat entre la Science et la Foi, je tiens à dire l'intérêt qu'y peut prendre un simple écrivain comme moi, au point de vue professionnel...

» On nous dit, Messieurs, que la Science est en train de faire banqueroute, et que la Foi va la remplacer dans les affaires d'ici-bas. J'en ai eu un léger frisson. » Songez donc combien cette prévision doit être cruelle ! M. Zola a eu un frisson ! Il est vrai que c'était un léger frisson, mais enfin... Et qu'est-ce donc qui faisait frissonner M. Zola ? Ah ! si la Foi allait emporter la partie sur la Science, on mettrait les livres à l'Index ! et si elle devenait puissante, on mettrait les auteurs au *carcere duro*. M. Zola ne va pas jusqu'à dire, et je m'en étonne, qu'on les rôtirait.

Un petit motif sur l'Inquisition n'eût pas été mal en place pourtant.

C'est tout le discours de M. Zola.

J'attendais mieux. Je croyais que lui, qui s'est donné comme le créateur du « roman expérimental » et du « roman physiologique », qui intitule sa fameuse série des *Rougon-Macquart* « l'histoire naturelle d'une famille », nous aurait donné quelque synthèse scientifique de la morale étalée dans *Pot-Bouille*, *La Curée*, *Nana*, *L'Assommoir* et *La Terre*. Je pressentais quelque chose de beau et de propre ! Mais non, rien que cette petite personnelle rancune d'avoir vu mettre ses livres à l'Index. M. Zola s'attendait sans doute à ce qu'un décret les rendît classiques dans les pensionnats de demoiselles ?

Cela apprendra au Pape à recevoir en audience M. Brunetière et à refuser M. Zola ! La Foi n'a qu'à bien se tenir !

Et voilà ce qui est sorti de ce banquet organisé pour venger la Science.

On a dit qu'elle avait fait de grandes choses. Parfaitement, et M. Brunetière en convenait.

On a dit qu'elle en fera de plus grandes. Je le pense, et M. Brunetière n'y contredira pas.

On a dit que ce n'était pas à elle à donner des leçons de morale aux hommes. Ah ! que c'est bien dit, et pourquoi n'a-t-on pas toujours parlé ainsi !

Mais quand on a voulu montrer que la morale lui était redevable, on n'a plus rien trouvé qui eût le sens commun.

Après l'article de M. Brunetière, on pouvait douter si vraiment la Science dans sa croisade contre la Foi avait perdu la partie ; après le banquet Berthelot, la chose crève les yeux.

En somme, beaucoup de tapage, un accouchement de montagne ! « Il faut que j'aie touché plus juste qu'on ne veut le dire, écrit M. Brunetière ; on ne crierait pas si

fort si l'on ne se sentait atteint. » Et toutes ces clameurs, et tous ces hurlements, ne sont qu'une forme ou une expression plus démocratique de ce que Bossuet a si bien appelé « la haine des hommes contre la vérité ».

IV. LE CONGRÈS D'OXFORD.

Discours de lord Salisbury.

Vers le même temps paraissait en France, traduit par M. W. de Fonvielle, le discours présidentiel de lord Salisbury au Congrès d'Oxford. Le titre en était fort suggestif : *Les Limites actuelles de notre science.*

Il y règne une sérénité et un calme souverain, et je ne sais quel sourire nargueur à l'adresse de ceux qui en sont encore aux vieilles querelles démodées. « Ils sont rares aujourd'hui les hommes de foi influencés par l'idée étrange que les croyances religieuses sont dans la dépendance des recherches physiques. Bien peu de savants, quel que soit leur *Credo,* chercheraient leur géologie dans leurs livres sacrés, ou, d'un autre côté, s'imagineraient que leur creuset ou leur microscope peut les aider à pénétrer les mystères planant sur la nature et la destinée de l'âme humaine. »

Et à ce trait, visiblement lancé à l'œil droit des chercheurs de morale scientifique, il joint aussitôt l'énoncé de sa thèse : il va passer en revue non pas notre Science, mais notre ignorance. Et il la signale sur trois points :

1. Nous ne savons rien sur la nature et l'origine des éléments constitutifs de la matière.

2. Nous ne savons rien sur cet élément mystérieux qui se dresse manifestement devant nous, comme indispensable et nécessaire à tous les phénomènes, que nous ne parvenons à saisir que par l'analyse, qui est réfractaire à tous

nos instruments et à qui nous ne pouvons que donner un nom, plus mystérieux que tous les mystères : l'éther.

3. Enfin, nous ne savons rien de la vie, ni des origines de la vie.

Ici vous arrêtez le grand ministre, et vous lui criez : « Et l'évolution, et l'évolution universelle, qu'en faites-vous ? »

Il répond : « L'évolution, mot commode, mal défini, un de ces mots qui de temps en temps surgissent dans la langue vulgaire et qui ont le don de nous soulager de nos perplexités et de masquer les lacunes de notre Science. »

Mais il l'examine cependant, cette théorie qui est bien le dernier mot et le suprême essai de philosophie de la nature auquel aient abouti nos savants contemporains ; il l'examine en connaissance de cause, et il arrive à cette conclusion d'un savant anglais, qui est celle aussi de beaucoup de savants français : « Nous acceptons cette théorie, non point parce que nous sommes à même de la démontrer, mais parce que nous y sommes obligés, parce que c'est la seule explication que nous puissions concevoir, sans invoquer l'existence d'un plan préconçu dans la nature. »

Et il ajoute : « Parce que nous y sommes obligés ! Comme homme politique, je connais très bien cet argument. Mais saurait-il être admis en Science ? J'accepte complètement la conclusion du professeur, que, si la sélection naturelle est rejetée, nous n'avons d'autre ressource que de nous rabattre sur l'influence médiate ou immédiate d'un ordre voulu régnant dans la nature. Nous autres, à Oxford, nous ne nous effrayons pas de cette extrémité. » Et empruntant les paroles de lord Kelvin, qu'il appelle « le plus grand homme de science qui se trouve parmi nous », il termine par ces mots : « Des preuves éclatantes d'une action intelligente, d'un dessein bienveillant sont multipliées autour de nous, et si jamais des doutes métaphysiques nous écartent temporairement

de ces idées, elles reviennent avec une force irrésistible ; elles nous montrent la nature soumise à une volonté libre; elles nous apprennent que toute chose vivante dépend d'un Maître éternel. »

Il me semble que ce Congrès d'Oxford, où s'était rassemblée l'élite des savants d'Angleterre, vaut bien comme autorité le banquet des savants de Paris. Comment ne pas remarquer aussi la distance qui sépare lord Salisbury, premier ministre de l'empire britannique, traitant en maître ces questions si éloignées de la politique, et M. Brisson qui, avec une délicieuse désinvolture, déclare qu'il n'y entend rien? On dirait qu'à la comparaison la Science perd encore la partie. Et n'est-il pas étrange qu'après tant et de si lyriques discours sur les conquêtes de la Science, partis de ce côté-ci de la Manche, il nous vienne de l'autre côté des voix plus dignes pour nous rappeler qu'en somme ce qu'elle a fait n'est pas si grand'chose.

Mais il nous faut poursuivre ; nous ne sommes pas au bout du bilan que nous avons entrepris.

Peut-être même serait-il bon de marquer le point où nous en sommes.

Jamais ce que l'on appelle la Foi, et ce que l'on appellerait mieux nos dogmes religieux, n'a méconnu la possibilité pour la raison humaine d'arriver, indépendamment de toute révélation et de tout dogme positif, à la connaissance des principes de la morale. Loin de nier ce pouvoir de l'esprit humain, nos théologiens l'utilisent, et leur premier soin, en développant les préceptes de la morale, est de les établir sur des arguments de raison pure. Voyez saint Thomas.

Ce que nous soutenons, le voici.

C'est que cette morale naturelle manque de précision, et que, dans les applications de détail qu'il en faut faire dans la vie humaine, l'homme n'y trouvera qu'un faible

secours de lumière à sa raison chancelante et un plus faible secours de force à sa fragile et inconstante volonté.

Cette précision lumineuse ne se peut rencontrer que dans l'enseignement positif, et cet enseignement n'aura l'autorité voulue qu'à la condition de pouvoir s'appuyer sur une révélation divine.

Ce secours de force ne peut venir à la volonté que par une surnaturelle assistance de Dieu, compatissant à l'effort impuissant de sa créature.

Il y a quelque vingt ans, M. Jules Simon écrivit un livre sur *Le Devoir*. Il y consigna à peu près toutes les lois de conduite que la raison peut se formuler par elle-même ; inconsciemment, il y ajouta ces idées que dix-huit siècles de christianisme ont répandues et infiltrées dans les esprits et dans les mœurs, si profondément qu'elles semblent devenues partie intégrante de l'âme humaine. Lisez-le, ce livre, et vous serez étonné de ses incertitudes. Il est aisé de dire : « Vous ne volerez pas ! » Mais quand il faudra décider dans tel cas particulier, en présence de la passion qui halète : ceci, est-ce bien voler ? ne voyez-vous pas ce qui arrivera de la loi morale ?

Le prince de Broglie, analysant le livre de M. Jules Simon, lui faisait un autre reproche : le Dieu qui promulgue et qui venge cette loi naturelle est un Dieu impassible et terrible, il ne pardonne pas, et le sort est cruel des pauvres hommes, tous pécheurs, hélas ! devant cet immobile et impitoyable Juge.

Voulez-vous me permettre à ce point de vue d'analyser avec vous la formule de M. Richet : « Le mal, c'est la douleur des autres ? » Je constate d'abord qu'elle est très singulière. La douleur des autres ? Et ma propre douleur, ce n'est pas mon mal à moi ? Ce n'est pas mon premier mal, même avant la douleur des autres ?

Mais n'insistons pas. Je crois que M. Richet voulait simplement dire, sous une forme qui dissimulât le mot de de l'Évangile : « Ne faites pas à autrui ce que vous ne

voudriez pas qu'on vous fît à vous-même. » C'est fort bien; mais ce précepte tout négatif est incomplet. Il faut davantage. Il faut en venir à cet autre mot du même saint livre : « Aimez votre prochain comme vous vous aimez vous-même. » Et cela même n'est qu'un résumé, une sorte de synthèse de la loi. La loi claire, précise, pratique, est dans le Décalogue. Seulement le Décalogue a trop les allures d'une révélation pour que jamais on le puisse donner comme le pur produit des sciences expérimentales. On y sent trop le Maître et le Dieu pour qu'on puisse en faire la voix mystérieuse d'un *impératif catégorique*.

Quoi qu'il en soit, acceptons tout, et voyons l'âme en présence des commandements de la morale scientifique. Le cas de conscience a été posé ces derniers temps avec beaucoup de fracas dans *Les Tenailles* de Hervieu.

Il y a là, vous le savez, une femme qui, après quelques mois de mariage, s'aperçoit, la pauvre ! que son mari n'est pas ce qu'elle avait rêvé. Elle le sent d'autant plus vivement qu'il y a là, derrière la coulisse, un beau jeune homme blond qui eût été tout justement l'affaire. C'est chose curieuse comme ces découvertes sur le mari et les beaux blonds ou les beaux noirs se rencontrent toujours à point nommé !

La situation est bien posée. En morale chrétienne, la loi apparaît aussitôt, nette, précise, impitoyable, sans une issue, sans un refuge. Mais chez ces espèces-là, la morale chrétienne n'a plus cours, et voici qu'elle cherche à échapper au joug, tout en voulant rester honnête. Je crois, en vérité, qu'elle dit « honnête » ; mais je suppose qu'elle l'entend avec les nuances fanées et mortes, très en honneur dans l'ameublement contemporain.

Voici que vient M. Richet : « Chère Madame, gardez-vous bien ! Le mal, c'est la douleur des autres ; et songez à la douleur de votre mari ! » Je gage qu'elle répondrait : « Mon mari ! mon mari ! il ne l'aura pas volé, le monstre ! » Il est en effet convenu que son mari, un peu comme tous

les maris en ces circonstances, est un vrai monstre. Que si M. Richet insiste, il est manifeste qu'elle lui dira ce que je disais tantôt : « Et ma douleur à moi, est-ce qu'elle ne compte pas, celle-là ? Allez donc, Monsieur, allez donc faire à mon mari votre beau discours ; car si quelqu'un souffre ici, c'est moi, et par sa faute. » Elle n'est pas si sotte d'ailleurs qu'elle ne sente pas que le premier droit de l'homme est d'échapper à la douleur, quand il le peut sans forfaire.

Et elle cherche.

Or voici un autre savant, très connu de M. Richet, qui vient offrir à ce pauvre cœur de martyre son infaillible spécifique : M. Naquet lui présente le divorce. Ah ! voilà le salut ! Et elle s'y jette à corps perdu.

Je vous prie de remarquer ce jeu de la passion humaine. Ce n'est pas du tout le mal qui lui fait peur ; bien au contraire, elle l'aime, elle le veut ; seulement elle voudrait bien, tout en faisant le mal, conserver son étiquette d'honnête femme ; et comme le divorce la lui promet, elle va au divorce. Les choses vont changer tantôt.

Il arrivera que le seul manteau dont elle pourra couvrir sa honte sera son mariage ; ce contrat seul peut lui garder les dehors d'une honnêteté qu'elle a perdue. Non, non, plus de divorce maintenant ! Il est vrai que le beau blond est mort dans l'intervalle. O la jolie morale !

Cette femme représente admirablement le lâche cœur de l'homme. Ce n'est pas la loi morale qu'il veut, c'est la légitimation et la justification de sa passion et de sa faiblesse. Il ne se plie pas aux volontés éternelles du devoir, il veut plier le devoir aux onduleuses variations de ses désirs. Ce n'est pas le mal qu'il redoute, c'est la honte ; dites-lui qu'il n'aura pas à rougir et que l'on ne saura rien, et il est prêt à se ruer dans l'infamie.

Ce cœur-là, — et nous le connaissons bien, n'est-ce pas, puisque c'est le nôtre, — ce cœur-là, ce n'est pas avec des

morales scientifiques ni avec des impératifs catégoriques que vous le gouvernerez. Savez-vous ce qu'il lui faut ?

Parce qu'il est lâche contre lui-même, il lui faut Dieu, l'Éternel, l'Immense, l'Invisible, qui sait tout parce qu'il voit tout, qui pénètre dans le fond de nos cœurs et de nos consciences, qui entend nos raisons vaines et les subterfuges dont nous cherchons l'abri pour échapper au remords. Dieu présent partout, et jusque dans le noir des nuits suivant nos pas, dans les recoins de notre âme suivant nos désirs, dans les replis de notre cerveau suivant nos pensées.

Dieu, le Maître et le Juge.

Et parce qu'il est faible, ce pauvre cœur de l'homme, et débile, il lui faut le Dieu tout-puissant dont la grâce le soutient et lui vient en aide, et le Dieu miséricordieux qui pardonne au repentir.

Il lui faut le Dieu, la foi et la morale des chrétiens.

Et n'est-ce pas ce qui ressort de tout ce grand débat de l'année ?

C'est Dieu qui gagne la partie, et si la Science n'a pas fait banqueroute, comme on reproche tant à M. Brunetière de l'avoir déclaré, du moins est-il évident qu'elle ne saurait le remplacer dans le gouvernement de la liberté humaine.

V. LA MORT DE PASTEUR.

Chose singulière ! ces messieurs le reconnaissent. Mais ce Dieu qu'ils déclarent volontiers nécessaire, ils le déclarent malheureusement inacceptable. Pourquoi ? A raison des croyances qu'il impose, et qui gênent ces messieurs dans l'essor magnifique de leur pensée, qui les entravent dans la voie des découvertes, qui contredisent leurs convictions scientifiques.

L'année qui vient de passer a donné à cette objection

une réponse éclatante et solennelle. Elle fut l'année où mourut Pasteur.

Pasteur? Voulez-vous l'entendre apprécier par M. Berthelot lui-même ?

Voici mot pour mot : « Pasteur vient de mourir ; une des grandes lumières du XIXe siècle s'est éteinte... Il était entré vivant dans cette apothéose que la jalousie des dieux accorde à si peu parmi les humains, et seulement près du terme où ils vont disparaître... Pasteur, Renan, Victor Hugo, les trois figures qui ont jeté le plus vif éclat de notre temps dans l'ordre des choses de l'esprit !

» Parti d'études étroites et spéciales, il s'est élevé à des vues de plus en plus générales, pour aborder les problèmes les plus vastes qui puissent intéresser la race humaine... L'étude des corps cristallisés conduisit Pasteur à la découverte de la dissymétrie moléculaire ; celle-ci le mena à l'étude des fermentations ; et cette dernière tout d'abord à l'éternel problème de la génération spontanée, c'est-à-dire de l'origine de la vie... Au cours de ces dernières recherches, il s'engagea dans une discussion célèbre, soulevée par Pouchet, en 1860, discussion rendue plus ardente par des considérations philosophiques et religieuses. Il y fit briller la vigueur et la subtilité de son esprit, et finit, suivant une expression imagée de P. Bert, par enclouer tous les canons de son adversaire. »

Pourquoi M. Berthelot ne remarque-t-il pas que Pasteur, en cette circonstance, tenait pour la philosophie et pour la Foi ? « En prouvant que, jusqu'à ce jour, disait Pasteur lui-même, la vie ne s'est jamais montrée à l'homme comme un produit des forces qui régissent la matière, j'ai pu servir la doctrine spiritualiste, fort délaissée ailleurs, mais assurée de trouver dans vos rangs un glorieux refuge (1). » — Et s'il a encloué toute les pièces de son adversaire, comment la question reste-t-elle encore

(1) Discours de réception à l'Académie.

debout, si bien debout qu'on la déclare éternelle ? Mais poursuivons.

Dans le reste de l'article qu'il consacre à Pasteur, M. Berthelot rappelle successivement ses découvertes géniales ; la transformation totale que leur application fit subir à la chirurgie, à l'obstétrique et à l'hygiène, à la médecine elle-même ; la découverte des virus d'inoculation contre la rage, le charbon, la diphtérie et le reste.

Le journal à qui j'emprunte ces passages de M. Berthelot disait : « Il a fondé de toutes pièces la bactériologie, trouvaille colossale, qui dépasse en portée celles des Pascal, des Descartes, et des Newton. » « A lui seul, disait Huxley, et par les ruines qu'il a prévenues et par les vies qu'il a sauvées, il aurait pu payer la rançon de la France. »

M. Poincaré, un autre orateur du banquet de Saint-Mandé, n'est pas moins prodigue d'admiration. Devant le cercueil de Pasteur, il rappelle ce mot qui avait été dit aux fêtes de son septuagénaire : « On est bien embarrassé pour donner à l'éloge une forme nouvelle, tous les mots ont été employés dans toutes les langues, et tout le monde s'en souvient. » Puis il refait, avec une supériorité remarquable d'analyse, le récit des travaux et des découvertes de l'illustre mort, et il termine : « Adieu, cher et illustre Maître ; la Science, que vous avez si grandement servie, la Science immortelle et souveraine, par vous devenue plus souveraine encore, transmettra aux âges les plus lointains l'ineffaçable empreinte de votre génie. La France que vous avez tant aimée gardera fièrement, comme un bien national, comme une consolation, comme une espérance, votre souvenir vénéré. L'humanité que vous avez secourue environnera votre gloire d'un culte unanime et impérissable, où elle verra se fondre toutes les rivalités, et où elle conservera, vivante et forte, la foi commune dans le progrès infini. »

Et des quatre coins du monde arrivent les expressions désolées de la Science en deuil : de France, d'Allemagne,

d'Angleterre, de Russie, des États-Unis, de l'Inde, de tout l'univers, comme un dernier salut envoyé au savant dont le pauvre corps va dormir du grand sommeil. « On l'a dit, et c'était vrai, la mort de Pasteur appauvrit le monde. »

Or, sur le cercueil ainsi salué par toute la terre, brillait l'image du Christ sauveur.

Car cet homme, dont la mort appauvrissait le monde, était un croyant, un humble fils de l'immortelle Église ; son âme était partie tandis qu'entre ses mains il serrait une petite croix de cuivre, et sur ses lèvres les derniers mots avaient été le symbole de notre Foi et de notre espérance. Et jamais il ne s'en était caché. En l'une des circonstances les plus solennelles de sa vie, chargé de faire devant l'Académie française l'éloge de Littré auquel il succédait, il avait, avec une sincérité et une fierté magnifiques, fait profession de sa Foi et de ses doctrines religieuses.

Il fait bon marché de ces doctrines nouvelles qui prétendent détourner l'homme des vérités éternelles sous le prétexte vain qu'elles sont inconnaissables : « Je me demande, dit-il, au nom de quelle découverte nouvelle philosophique ou scientifique on peut arracher de l'âme humaine ces hautes préoccupations. Elles me paraissent d'essence éternelle, parce que le mystère qui enveloppe l'univers et dont elles sont une émanation est lui-même éternel de sa nature. »

Il rappelle le mot de Faraday : « La notion et le respect de Dieu arrivent à mon esprit par des voies aussi sûres que celles qui nous conduisent aux vérités de l'ordre physique. » Il a un mot très dédaigneux pour cette religion des savants que l'on a appelée le positivisme : « Il n'offre aucune idée neuve », et il ajoute : « La grande et visible lacune de ce système consiste en ce que, dans la conception positive du monde, il ne tient pas compte de la plus importante des notions positives, celle de l'Infini. »

Laissez-moi vous citer tout ce passage, il est superbe et vous ne le regretterez pas :

« Au delà de la voûte étoilée, qu'y a-t-il ? De nouveaux cieux étoilés ? Soit. Et au delà ? L'esprit humain, poussé par une force invincible, ne cessera jamais de se demander : Qu'y a-t-il au delà ? Veut-il s'arrêter, soit dans le temps, soit dans l'espace, comme le point où il s'arrête n'est qu'une grandeur finie, plus grande seulement que toutes celles qui l'ont précédée, à peine commence-t-il à l'envisager que revient l'implacable question ; et toujours, sans qu'il puisse faire taire le cri de sa curiosité. Il ne sert de rien de lui répondre : Au delà, des espaces, des temps ou des grandeurs sans limites. Nul ne comprend ces paroles. Celui qui proclame l'existence de l'infini, et personne ne peut y échapper, accumule dans cette affirmation plus de surnaturel qu'il n'y en a dans tous les miracles de toutes les religions ; car la notion de l'infini a ce double caractère, de s'imposer et d'être incompréhensible. Quand cette notion s'empare de l'entendement, il n'y a qu'à se prosterner. Par la notion de l'infini, le surnaturel est au fond des cœurs. L'idée de Dieu est une forme de l'idée de l'infini. Tant que le mystère de l'infini pèsera sur la pensée humaine, des temples seront élevés à son culte. Et sur la dalle de ces temples, vous verrez des hommes agenouillés, prosternés, abîmés dans la pensée de l'infini...

» Où sont les vraies sources de la dignité humaine, de la liberté et de la démocratie ? Les Grecs avaient compris la mystérieuse puissance de ce dessous des choses. Ce sont eux qui nous ont légué un des plus beaux mots de notre langue, le mot enthousiasme : En Theos, un Dieu intérieur. La grandeur des actions humaines se mesure à l'inspiration qui les fait naître. Heureux celui qui porte en soi un Dieu, un idéal de beauté, et qui lui obéit : idéal de l'art, idéal de la science, idéal de la patrie, idéal des vertus de l'Évangile. Ce sont là les sources vives des

grandes pensées et des grandes actions. Toutes s'éclairent des reflets de l'infini. »

Cela, c'était dit devant l'Académie ; plus nette et plus simple était sa profession de foi intime. « Cher Maître, lui disait un jour un de ses élèves, admis à sa familiarité, comment vous, qui avez tant réfléchi et tant étudié, comment pouvez-vous croire ? » Et Pasteur répondit : « C'est pour avoir réfléchi et étudié beaucoup que j'ai gardé une foi de Breton. Si j'avais réfléchi et étudié davantage, j'en serais venu à une foi de Bretonne. »

Qu'on ne vienne donc plus nous chanter cet éternel refrein de l'incompatibilité de la Science et de la Foi ! Il y a trop longtemps que cela dure, et ceux-là seuls qui retardent d'un demi-siècle peuvent encore s'y laisser prendre. En quoi la Foi chrétienne de Pasteur a-t-elle gêné ses recherches ? Quelle est la doctrine scientifique à laquelle il ait dû renoncer ? Quand a-t-il dû forcer l'assentiment de son intelligence ? En quoi ses convictions religieuses l'ont-elles diminué ?

Il est généralement admis chez ces messieurs que la Foi n'entre guère que dans des esprits débiles, malades, un peu crétins, chez des esprits inférieurs ou dégradés ; une forte constitution intellectuelle met à l'abri de pareilles déchéances. Ah ! Et Pasteur était-il par hasard un de ces esprits de rebut ?

Voilà un dilemme sans issue. Ces messieurs y perdront encore la partie.

Souvent une vision m'a obsédé. Je voyais rassemblés, venus de tous les âges du passé et des temps présents, l'aréopage illustre des grands esprits qui ont répandu sur l'humanité le flot de leurs lumières. Sénat auguste, où se touchaient les philosophes et les savants, les théologiens et les littérateurs, toute cette élite à qui le monde doit le meilleur de son esprit et de son cœur. Quels noms, et quelles gloires ! Les Origène et les Tertullien, les Augustin

et les Jérôme, les Thomas d'Aquin et les Bacon, Corneille, Newton, Racine, Leibnitz et Bossuet, Pascal et Bourdaloue, Cauchy, Ampère, Dumas.... Qui les nommera tous ? A ces génies Dieu a parlé, et ils l'écoutent, et ils s'inclinent, et ils adorent, et de leur cœur s'élève un cri d'âme qui retentit à travers les siècles : « *Credo,* je crois. Je crois au Christ, je crois à l'Église, je crois, j'espère et j'aime. »

M. Berthelot ne saurait, ni M. Richet, ni M. Perrier, ni M. Zola.

Notre Credo tiendrait trop à l'étroit le vaste esprit de ces messieurs. C'était bon aux petites gens comme Bossuet et les autres de tantôt. Eux ont de plus vastes envolées. Ah ! les beaux oiseaux ! Sont-ils plaisants !

Donc l'année fut bonne pour notre vieille foi chrétienne. Celle qu'on disait morte vit toujours, et, comme le Galiléen antique, elle fait toujours des cercueils. Quelle leçon pour les pusillanimes, qui tremblent et crient au Seigneur : « Sauvez-nous, sauvez-nous, nous périssons ! » Laissez donc le Christ conduire la barque et ne craignez pas. Il était hier, il est aujourd'hui, il sera dans tous les siècles.

Ne tremblez pas et bénissez Dieu. Ah ! l'année elle-même ne s'est pas terminée sans un chant d'action de grâces, solennel et touchant. C'était au centenaire de la fondation de l'Institut de France, le 23 octobre de l'an passé. Vous n'ignorez pas que l'Institut comprend, dans sa forme actuelle, les cinq Académies : l'Académie française, l'Académie des sciences, l'Académie des inscriptions, l'Académie des sciences morales et politiques, et l'Académie des beaux-arts. Elle est certainement la plus haute assemblée intellectuelle de la France. Les fêtes furent somptueuses. Mais tandis qu'on les organisait, parmi les académiciens croyants se fit jour une pensée profondément chrétienne. Des fêtes officielles, c'était bien ; mais il fallait aussi la fête de l'âme ; il fallait remercier Dieu et, dans la sainte communion des vivants et des

morts, prier pour les défunts. Des invitations furent lancées, signées par un membre de chacune des cinq Académies : M. de Broglie, pour l'Académie française ; M. Hermite, pour l'Académie des sciences ; Ambroise Thomas, pour l'Académie des beaux-arts....

L'invitation fut lue dans les cinq Académies par le secrétaire en fonction. Le sort a des dérisions : ce fut, à l'Académie des sciences, M. Berthelot.

Et, le jour venu, en l'église de St-Germain-des-Prés, la messe fut dite. L'abbé Duchesne la célébrait, assisté de trois diacres d'honneur : l'abbé Chevalier, le P. De Smedt, et le P. Delattre, tous les quatre de l'Académie des inscriptions. Mgr Perraud, de l'Académie française, fit l'allocution, et sachant qu'il parlait à des croyants : « Prier pour les morts, dit-il, voilà ce que nous sommes venus faire en cette funèbre cérémonie, nous les membres vivants des cinq Académies ; donner à ceux de nos collègues qui ont disparu, après avoir représenté avec tant d'éclat, non seulement le génie français, mais l'esprit humain, un témoignage de religieuse confraternité. »

Et après avoir parlé à son illustre auditoire des dogmes de l'au delà et du Purgatoire, il monta à l'autel pour faire descendre sur la tête inclinée de ces savants la bénédiction que leur envoyait le Pape. « Avec vous, Messieurs, je bénirai vos familles. Plus loin que vous, je bénirai ce cher pays de France dont nous sommes fiers d'être les fils et à qui, du fond le plus intime de nos cœurs, nous souhaitons toute grandeur, toute prospérité et toute gloire. »

Et devant la bénédiction de Dieu, le créateur des choses, de Dieu, l'ordonnateur des mondes, de Dieu, l'infini, l'immense, l'éternel, la Science fidèle a baissé son front glorieux !

Au moment où nous corrigeons les épreuves de cet article, la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES nous apporte, signée par M. Perrier, une réponse au *Discours de lord Salisbury*.

C'est d'abord une analyse de la brochure d'Herbert Spencer, puis une ajoute de M. Perrier lui-même. La brochure d'Herbert Spencer est tout entière à côté de la question. Elle tâche à démontrer que la théorie de l'évolution l'emporte au point de vue scientifique sur la théorie des créations multiples et successives. C'était bien ce qu'avait dit lord Salisbury lorsqu'il reconnaissait que l'on acceptait généralement la théorie de l'évolution... faute de mieux.

Or, voici la fleur que M. Perrier épingle à cette brochure. Il a découvert que création et génération spontanée sont une seule chose et absolument la même! Et pour qu'on ne me croie pas sur parole, je citerai ses propres termes : « Pour l'homme de science,.... les mots *création* et *génération spontanée* sont donc synonymes. » Or « personne aujourd'hui n'oserait avouer qu'il croit à la génération spontanée.... d'une baleine ou d'un éléphant ! »

Est-ce au retour de quelque nouveau banquet de St-Mandé que M. Perrier a fait cette découverte ? Il semblerait.

VICTOR VAN TRICHT, S. J.

L'ÉLECTRICITÉ ET LA VIE

Étrange mystère que celui de la vie ! Tout sert à l'éclairer, et cependant la nature intime de la vie reste toujours également obscure.

En entrant dans un organisme vivant, la matière ne perd aucune de ses propriétés générales, et cependant elle passe par une série de transformations spéciales qu'on ne retrouve nulle part ailleurs. Il n'est aucune découverte dans l'ordre des phénomènes physico-chimiques qui n'ait eu son retentissement dans le domaine des phénomènes matériels présentés par l'être vivant, et cependant on en est encore à se demander ce que c'est que la vie.

La mécanique venait à peine d'être fondée sur de nouvelles bases par Galilée, que déjà Descartes l'appliquait aux animaux, transformés par lui en simples machines. Que les lois de la mécanique dominent les mouvements vitaux, qui le niera? La marche du sang dépend de la pression imprimée par le cœur, de la résistance et de l'élasticité des vaisseaux, de l'action de la pesanteur sur le liquide. Dans le jeu des muscles, les propositions relatives aux forces, aux moments, aux points d'application sont aussi vraies que pour les leviers et les balances.

Mais la mécanique reste muette lorsqu'il s'agit de nous dire comment les muscles se contractent, pourquoi cette contraction se produit à tel moment plutôt qu'à tel autre, pourquoi le poussin se baisse quand il aperçoit une graine ou pourquoi le mouton fuit à l'aspect du loup.

Priestley a découvert dans l'air un gaz éminemment actif, l'oxygène qui, par sa combinaison avec le carbone, produit la chaleur dégagée par nos foyers. Par une conception de génie, Lavoisier estima que l'oxygène, absorbé par la respiration, servait également à la combustion de la matière vivante et s'échappait ensuite à l'état d'anhydride carbonique, tout comme dans une machine à feu.

Cette assimilation du corps à une machine à feu ne peut être contestée, mais combien cependant la combustion ne diffère-t-elle pas dans les organismes naturels et dans les machines artificielles? Au lieu de cette flamme ardente produite par l'oxygène dans nos fourneaux et capable de fondre des métaux excessivement réfractaires, à peine peut-on constater, à la suite de la combustion, un léger accroissement de température chez les animaux à sang froid. Chez les vertébrés même les mieux doués, la chaleur ne dépasse pas cinquante degrés. Et — chose étrange — cette chaleur reste invariable en dépit de l'apport plus ou moins grand de combustible.

Les membranes animales et végétales sont régies par les lois de l'osmose; c'est même à elles que les physiciens s'adressent pour démontrer les échanges osmotiques. Mais dans le vivant, les courants se renversent souvent, et c'est parfois un signe de maladie que de les voir suivre les règles ordinaires de la dialyse, en se portant d'une façon continue vers certains organes et y accumulant des masses considérables d'eau comme dans l'hydropisie.

La chimie organique ne compte plus ses victoires. La forme des édifices moléculaires des substances organiques a été déterminée. Bien plus, on est parvenu à reconstruire artificiellement de toutes pièces certains de ces édifices, l'urée, l'alcool, par exemple. Malheureusement on n'a pas encore réussi à infuser la vie dans aucune des molécules ainsi reconstruites. Un microbe vivant, c'est bien peu de chose, et cependant il défie

toute la science chimique. L'hétérogénie, la génération spontanée a moins de vogue que jamais, et bien fou serait celui qui voudrait s'attaquer aux travaux de Pasteur.

Avance-t-on, n'avance-t-on pas dans la solution du problème de la vie? Sans hésiter, on peut répondre qu'on avance. Chaque nouveau progrès de la science explique quelque chose qu'on n'expliquait pas auparavant. On se rend ainsi compte du mécanisme de tel ou tel phénomène particulier; mais voici ce qui arrive : la connaissance même qu'on vient d'acquérir fait surgir de nouveaux problèmes qu'on n'avait pas même soupçonnés auparavant. Plus il y a de questions résolues, plus on voit de nouvelles questions à résoudre.

Tel le voyageur qui gravit une montagne. A mesure qu'il s'élève, son horizon grandit, il aperçoit de nouveaux sites, de nouvelles perspectives s'ouvrent devant lui; mais si ce qu'il voit est grand, étendu, il sent aussi de plus en plus combien doit être vaste ce qui se perd au delà, car les bornes extrêmes de son horizon ne sont encore que les frontières intérieures de ce qu'il ne sait pas atteindre par la vue.

Si on examine de plus près en quoi consiste la ressemblance entre la matière vivante et la matière brute, on verra que toutes les découvertes tendent à démontrer que la matière vivante, tout en présentant dans l'intérieur de l'organisme des lois qui lui sont propres, se comporte vis-à-vis du monde extérieur comme si elle était de la matière brute, en ce sens qu'elle n'introduit dans le monde extérieur que des modifications égales ou équivalentes à celle qu'elle introduirait si elle n'était pas vivante. Par son poids, l'animal, vivant ou mort, exerce la même pression sur le corps qui le supporte. Il élimine par l'excrétion la même quantité de matière qu'il absorbe par la digestion et la respiration. La balance est donc la même pour le monde extérieur que si la matière avait passé par une machine artificielle quelconque. Et cette

balance s'établit non seulement pour la quantité totale, mais pour la quantité de chacun des corps simples. Au bout d'un jour, chez les animaux carnivores, on retrouve dans l'urée la quantité d'azote absorbée avec les aliments. L'oxygène aspiré se retrouve à peu près tout entier dans l'anhydride carbonique expiré, et ce qui fait défaut apparaît dans les autres produits excrétés.

Les êtres vivants respectent à ce point les lois physico-chimiques que, s'ils venaient à disparaître entièrement et que tout ce à quoi ils ont imprimé leur cachet eût succombé à l'action du temps, l'univers se trouverait dans un état équivalent à celui où il aurait été s'ils n'avaient pas existé. Ils ne changent donc pas essentiellement l'état final que l'univers aurait atteint en partant de l'état initial qui a précédé l'apparition de la vie.

Cela ne doit pas nous sembler étrange, car même pour les corps bruts, la mécanique nous apprend qu'en partant d'un état initial, ils peuvent atteindre de différentes manières un état final équivalent. Quelque route que parcoure un poids en descendant, qu'il roule le long d'une pente escarpée ou d'une pente douce, qu'il suive une ligne droite ou une ligne courbe, s'il arrive à un même niveau, il a exécuté le même travail, et l'énergie qu'il possédait au début a diminué de la même quantité. Mais ce qu'il a perdu, d'autres corps l'ont gagné; les frottements qu'il a exercés, le choc qu'il a produit en s'arrêtant brusquement, donnent précisément une quantité de chaleur équivalant à l'énergie mécanique disparue.

La différence entre les organismes vivants et les corps inorganisés ne consiste pas non plus en ce qu'ils modifient de deux manières essentiellement différentes l'état de l'univers; elle consiste uniquement en ce qu'ils parcourent deux cycles essentiellement différents.

Faites passer de l'oxygène dans un foyer chargé de charbon sous forme de substances organiques mortes, ou à travers un animal vivant constitué des mêmes substances.

La quantité d'anhydride carbonique que vous recueillerez pour une même dépense d'oxygène et de substances combustibles sera la même, la quantité d'énergie calorifique produite sera la même ; mais ce qui se passe dans le foyer, nous le savons, nous pouvons l'expliquer par d'autres phénomènes de la nature inorganisée. La machine vivante au contraire nous est fermée ; ce qui se passe dans son intérieur est un secret de son inventeur. Les entrées et les sorties seules tombent sous nos moyens de contrôle.

Résumons-nous. Grâce aux progrès des sciences physiques et chimiques, on connaît de mieux en mieux ce qui dans le vivant n'est pas la vie, mais la vie reste toujours irréductible aux autres énergies matérielles.

Jusqu'ici nous n'avons pas encore parlé de l'électricité. L'électricité ferait-elle peut-être exception à la loi que nous venons d'établir pour les autres espèces d'énergie ? L'électricité, qui est un mystère, nous donnera-t-elle peut-être l'interprétation de cet autre mystère qui est la vie ?

L'importance du rôle joué actuellement par l'électricité n'a pas besoin d'être relevée. Même devant un auditoire vulgaire, on n'est plus admis à parler de ses applications à la télégraphie, à la téléphonie, à l'éclairage, au mouvement.

L'électricité, qui jette de si vives clartés sur tant de choses, qui nous fait même pénétrer actuellement jusqu'à l'invisible, ne répandrait-elle pas non plus un peu de lumière sur le fond ténébreux de la vie ? On était peut-être d'autant plus en droit de s'y attendre que c'est par un phénomène vital, la contraction des muscles d'une grenouille, que l'électricité dynamique s'est révélée à Galvani.

Nous ne remonterons pas cependant jusqu'à Galvani dans l'exposition des relations de l'électricité avec la vie. Nous nous bornerons aux recherches les plus récentes, ne faisant allusion aux plus anciennes que dans la mesure où

elles servent à expliquer celles qui leur sont postérieures en date.

L'intelligence des phénomènes serait impossible si nous ne rappelions d'abord quelques principes d'électricité.

Mais nous éviterons autant que possible les termes techniques, employés très justement et très avantageusement par les gens de métier, mais multipliés au point de rendre inabordable pour un profane un traité même élémentaire d'électricité.

Les piles électriques sont trop dispendieuses et trop incommodes pour servir utilement dans de grandes installations. Cependant c'est d'elles que nous nous occuperons spécialement, parce que, de tous les moteurs électriques, c'est la pile qui présente le plus d'affinité avec le moteur vivant. De part et d'autre, en effet, on utilise les énergies chimiques des substances mises en présence.

Les installations où le mouvement est produit par l'action des piles ont été assimilées à des installations hydrauliques où la force motrice est empruntée aux courants d'eau, amenés de plus ou moins loin au sein d'une agglomération urbaine.

Dans les installations hydrauliques, trois facteurs interviennent : la hauteur du réservoir ou du château d'eau d'où vient l'eau, la longueur et le calibre des canaux qui amènent le liquide, le plus ou moins de puissance qu'on veut donner à la machine actionnée par l'eau.

Plus le réservoir est élevé, plus la pression est forte et plus le courant sera rapide.

La canalisation, au contraire, tend à ralentir le courant par les frottements de l'eau sur les parois. Plus les tubes seront longs et plus ils seront étroits, plus le débit sera petit.

Ces canaux peuvent être divisés en deux groupes. Le premier groupe comprend les conduites qui partent directement du réservoir et celles qui circulent à une

certaine profondeur en dessous de toutes les grandes artères de la ville. L'industriel qui utilise l'eau comme force motrice doit accepter cette canalisation toute faite et ne peut la modifier. Mais lui-même a établi une seconde canalisation dans son propre établissement. Pour celle-ci, il peut en régler comme il lui plaît les dimensions suivant le but qu'il poursuit.

La première canalisation peut être considérée comme une annexe directe du réservoir, comme une prolongation de celui-ci. La résistance qu'elle oppose fait partie intégrante du système, elle ne peut être éliminée. Nous l'appellerons la résistance intérieure du système. L'autre canalisation présente une résistance surajoutée à la première ; nous l'appellerons la résistance extérieure.

Le courant d'eau, dans notre hypothèse, sert à actionner une machine, une turbine par exemple. La marche de cette machine ne dépendra pas seulement de la force du courant. La façon même dont la turbine est construite, sa grandeur, la nature du travail qu'elle est appelée à exécuter influeront sur son rendement.

Dans l'installation électrique, nous trouvons aussi trois éléments : un réservoir, une canalisation, une machine destinée à être actionnée. Le réservoir d'électricité est la pile, les canaux sont représentés par les conducteurs, la machine à actionner peut être quelconque, une roue par exemple à mettre en rotation.

La pression sous laquelle l'électricité sort d'une pile varie avec la pile elle-même. De sorte qu'une pile Bunsen, par exemple, exerce, en nombres ronds, une pression double d'une pile Daniell. On peut donc représenter une pile Bunsen par un réservoir situé à une hauteur double de celle correspondant à une pile Daniell.

Comme les canaux d'une circulation d'eau, les fils électriques opposent au flux de l'électricité une résistance qui croît avec leur longueur et leur minceur.

Mais il n'y a pas que les fils conducteurs qui opposent

de la résistance à l'électricité : l'électricité a une certaine difficulté à traverser le liquide lui-même de la pile. Il y a donc à considérer ici de nouveau une résistance intérieure, celle de la pile, et une résistance extérieure, celle des fils conducteurs.

Enfin la machine à actionner utilisera plus ou moins bien le courant suivant sa construction.

L'être vivant peut remplir, au point de vue de l'électricité, le rôle de chacun des trois facteurs que nous venons de considérer. Parfois il est un simple conducteur passif. Dans d'autres occasions, il devient une machine actionnée par l'électricité. Enfin il peut, comme la pile elle-même, être un véritable réservoir d'électricité.

C'est sous ces trois aspects que nous allons l'examiner.

Et tout d'abord, l'organisme est un conducteur, mais, hâtons-nous de le dire, un mauvais conducteur. Il oppose une résistance considérable à la circulation de l'électricité, et s'il s'agit des nerfs en particulier, la résistance devient énorme.

Charpentier (1) a tenté de mesurer dans ces derniers temps la résistance des conducteurs nerveux.

Il s'est d'abord servi du téléphone. Plus les fils téléphoniques opposent de résistance, soit par un excès de longueur, soit par une diminution trop forte de leur calibre, plus on entend mal. Ce principe a servi dans la mesure de la résistance nerveuse.

Sur le trajet d'un des deux fils qui partent du téléphone, j'intercale un bout de nerf. Le son rendu par l'instrument est fort atténué. Je substitue maintenant au nerf un fil dont je puis calculer la résistance, j'en prends des longueurs de plus en plus considérables jusqu'à ce que le

(1) Aug. Charpentier. *Contributions à l'étude de la conductibilité électrique des nerfs dans diverses conditions physiologiques.* ARCHIVES DE PHYSIOLOGIE, 1894, p. 516. — *Nouvelle mesure de la conductibilité électrique et du travail physiologique des nerfs.* IBID., p. 792.

son du téléphone soit affaibli comme il l'était par le nerf. La résistance du fil sera égale alors à celle du nerf.

Tel est le degré de la résistance nerveuse que, si l'opération se faisait à la manière ordinaire au moyen de deux téléphones dont l'un recevrait les ondes sonores et l'autre les reproduirait, la transmission serait tout à fait défectueuse et l'opération serait impossible. Le courant d'une pile substitué au faible courant du téléphone ne serait pas encore suffisant. Il a fallu, pour vaincre la résistance du nerf, recourir aux courants énergiques de la bobine de Ruhmkoff.

Évaluée par ce procédé, la résistance de quelques millimètres de nerf s'est trouvée égale à plus de mille kilomètres de fil téléphonique. On communique plus facilement de Bruxelles à Paris par des fils ordinaires qu'à travers un centimètre de nerf.

En examinant d'une manière plus précise encore la résistance nerveuse, Charpentier est arrivé à un résultat inattendu, si tant est qu'il y a encore quelque chose d'inattendu quand on a affaire à la vie ou à l'électricité.

Grâce à un nouveau procédé d'expérimentation, l'expérimentateur a trouvé qu'à l'état vivant le nerf ne présente pas la même résistance qu'à l'état de mort. La résistance du nerf sain est double de la résistance du nerf écrasé.

Le nerf ne se comporte donc point comme un fil métallique. Écrasé ou non, celui-ci présente toujours la même résistance s'il conserve la même longueur.

Le résultat est-il au désavantage ou à l'avantage de l'être vivant ? Tout est si bien disposé dans l'organisme que l'on s'attend à ce que cette augmentation de résistance soit l'indice d'un gain et non d'une perte. Aussi est-ce dans ce sens que Charpentier interprète le phénomène.

Si on interpose sur un courant d'eau une turbine, elle marchera, mais l'interposition de cette machine diminuera l'intensité du courant; et il n'en peut être autrement, car tout le travail de la machine est emprunté à l'énergie du

courant. L'interposition d'une machine augmente donc la résistance opposée au courant, mais ce désavantage est compensé par le travail même de la machine.

Il ne faudrait cependant pas croire que plus la machine opposera de résistance, plus elle effectuera de travail.

Dans une turbine, les ailettes reçoivent obliquement le courant et l'eau s'échappe par les espaces libres entre les ailettes. Si le nombre d'ailettes est petit, le courant ne rencontre presque pas de résistance, mais aussi le travail que peut fournir la turbine est très faible. Allons maintenant à l'extrême opposé ; multiplions les ailettes au point de ne laisser entre elles que des intervalles très petits. Le courant sera presque entièrement arrêté ; mais si le courant de sortie est entravé, le courant d'entrée l'est aussi, car il ne peut entrer dans la turbine plus d'eau qu'il n'en sort. S'il n'y a presque pas de courant, la turbine ne peut travailler beaucoup, puisque c'est le courant qui lui fournit son énergie.

Il n'est donc avantageux ni de multiplier trop ni de diminuer trop le nombre des ailettes. Il y a entre ces deux dispositifs extrêmes un état où la turbine, offrant au courant une résistance moyenne, donnera un maximum de rendement.

Il en va de même des courants électriques. Toute machine interposée sur le courant augmente la résistance, mais le maximum de rendement ne correspond ni au maximum de résistance, car alors le courant s'affaiblit trop, ni au minimum, car alors la machine utilise trop peu le courant. Le calcul montre que le maximum de travail utile s'obtient quand, par l'interposition de la machine, la résistance totale devient double de la résistance intérieure de la pile.

Cette condition se réalise précisément dans le nerf vivant, comme nous l'avons dit. Charpentier croit donc que le nerf vivant n'est pas un simple conducteur comme le nerf mort. Il agit de plus comme une machine, utili-

sant à son profit le courant et en retirant le maximum de travail utile.

Quelle espèce de travail est produite par le nerf, il est difficile de le dire. Aussi, quand on veut considérer l'organisme non plus comme un conducteur, mais comme une machine actionnée par l'électricité, il vaut mieux porter son attention sur le muscle, excité soit directement, soit par l'intermédiaire de son nerf moteur.

Toutefois il est un certain travail du nerf que nous pouvons constater sans cependant pouvoir le mesurer. C'est celui qui accompagne nos sensations. Quand la douleur, par exemple, produite par une excitation électrique devient de plus en plus forte, il n'est pas téméraire de supposer que les modifications matérielles des éléments nerveux sensitifs — cellules ou fibres — deviennent de plus en plus intenses ; or toute modification matérielle, dans l'état actuel de la science, suppose une transformation d'énergie. Les nerfs doivent donc, même quand il s'agit de simples sensations, effectuer un certain travail.

Il existe deux manières d'exciter les nerfs et les muscles par l'électricité. On peut placer les deux électrodes en deux points différents du tissu ; celui-ci est alors parcouru par un courant. Mais l'excitation peut être aussi unipolaire. Il suffit en effet de placer une seule des électrodes sur le nerf ou sur le muscle pour obtenir une réaction.

Les courants à leur tour peuvent être continus ou interrompus.

Quelque fort qu'il soit, le courant continu ne semble pas capable de déterminer directement une contraction. Nous disons *directement ;* car indirectement, il pourrait provoquer soit de la douleur, soit une contraction musculaire, s'il est assez fort pour décomposer les tissus. La réaction dans ce cas est due à la désorganisation elle-même ; elle n'est qu'un effet indirect du courant.

On pourrait objecter qu'à la fermeture ou à l'ouverture

d'un courant même faible, on observe des contractions bien visibles dans les muscles. Mais on sait qu'à ce moment ce n'est plus le courant continu qui agit ; l'effet provient d'un courant instantané, surgissant alors brusquement, et bien connu des physiciens sous le nom d'*extra-courant*.

Les courants interrompus provoquent des contractions et des sensations douloureuses. Ce fait est connu depuis l'expérience de Galvani. Mais, depuis ce savant, on a construit des instruments, comme la bobine de Ruhmkoff, destinés à produire des interruptions dont on peut régler la fréquence. Les courants instantanés de la bobine ont, de plus, cet avantage d'être plus énergiques que ceux obtenus directement par la fermeture ou l'ouverture du courant.

La fréquence des interruptions augmente l'intensité de la réaction organique dans le nerf et dans le muscle. La douleur devient plus forte, la contraction du muscle plus considérable.

Il n'en est plus ainsi toutefois quand la fréquence est extrême. Une expérience très intéressante de d'Arsonval (1) nous a révélé un fait tout à fait nouveau.

Par certains dispositifs mécaniques, on peut produire des renversements très nombreux du courant. La fréquence peut aller ainsi jusqu'à dix mille alternances par seconde. Mais il faut augmenter encore de beaucoup ce nombre, déjà si élevé, pour mettre bien en évidence la manière tout à fait exceptionnelle dont agissent les courants alternatifs à haute fréquence.

Grâce à Hertz, on connaît un moyen de forcer le courant à se renverser plusieurs millions de fois par seconde.

Pour expliquer la formation de ces renversements

(1) D'Arsonval. *Influence de la fréquence sur les effets physiologiques des courants alternatifs.* COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS, 20 mars 1893, CXVI, 630. — *L'Autoconduction ou nouvelle méthode d'électrisation des êtres vivants.* IBID., 3 juillet 1893, CXVII, 34.

automatiques, reprenons la comparaison de notre château d'eau dominant toute une distribution que doit suivre le courant.

Supposons que le robinet du réservoir ne soit pas ouvert et que toute la canalisation soit vidée au point qu'il n'y reste même plus d'air, condition difficile à réaliser en pratique mais aussi facile à concevoir que la condition contraire.

Nous admettrons enfin que dans l'intérieur de l'établissement industriel les tubes soient élastiques, en caoutchouc, par exemple.

J'ouvre le robinet du château d'eau : le liquide va se précipiter dans les conduites et, par son choc, va dilater les tubes en caoutchouc supposés fermés. Sous cette poussée subite, les tubes élastiques se dilateront; et leur dilatation est bien plus grande que quand ils n'ont qu'à supporter la simple pression de l'eau tranquille. C'est ainsi qu'un coup de marteau enfonce un clou qui resterait immobile s'il était simplement soumis à la seule pression de la main, même armée du marteau.

Le tube, après s'être dilaté outre mesure, reviendra donc sur lui-même et refoulera l'eau dans la canalisation. Ainsi se produit un courant de sens contraire. Mais celui-ci, en vertu de la vitesse acquise, dépassera de nouveau la limite du repos, tout comme le pendule dépasse la limite d'équilibre.

Il reviendra de nouveau sur lui-même. Les oscillations se succèderont donc alternativement en sens contraire, mais elles auront de moins en moins d'amplitude à raison des frottements exercés par le liquide sur les parois des canaux.

On aurait évidemment encore des oscillations semblables, si le robinet du tube en caoutchouc était légèrement ouvert et ne permettait pas au courant de s'échapper du premier coup; mais ces oscillations s'éteindront encore plus rapidement que dans le cas du tuyau fermé.

Enfin, l'amplitude des oscillations diminuerait encore si le château d'eau, n'étant pas alimenté d'une façon constante, voyait son niveau descendre peu à peu par la formation du courant.

La fréquence des oscillations variera avec diverses conditions que la science peut déterminer.

C'est aussi au moyen de réservoirs d'électricité, appelés condensateurs, dont la bouteille de Leyde est le type, que Hertz obtient ses oscillations. L'électricité s'y accumule pendant un certain temps sans que le courant puisse sortir ; puis subitement le courant trouve libre passage dans les conducteurs, qui réagissent ensuite sur lui comme nos tubes élastiques de tout à l'heure. De là des changements de sens dans les courants, changements infiniment plus fréquents qu'ils ne seraient dans une canalisation d'eau.

Dès que les réservoirs d'électricité sont vidés, ils se remplissent de nouveau, grâce à une bobine de Ruhmkoff à laquelle ils sont reliés. Et le phénomène de l'alternance des courants peut ainsi se répéter aussi longtemps qu'on le désire.

Les courants alternatifs à grande fréquence peuvent agir sur le corps humain de deux manières : directement, ou à distance par induction.

Pour montrer les effets singuliers du courant direct, d'Arsonval met une forte lampe à incandescence de cent bougies en relation avec une des électrodes de l'instrument ; d'une main il saisit l'autre électrode, et de l'autre main, armée d'un bouton métallique pour éviter à la peau d'être frappée par des étincelles, il ferme le circuit de la lampe à incandescence. La lampe devient d'un blanc éblouissant, et l'expérimentateur cependant ne sent rien. Dans une autre expérience à laquelle a participé un maître de la physique, Cornu, le courant, qui laissait l'opérateur insensible, alimentait six lampes à incandescence et

développait plus d'énergie qu'il n'en aurait fallu pour tuer un homme.

Les effets d'induction à distance sont plus frappants encore. On construit un circuit en spirale de la hauteur d'un homme. L'opérateur s'introduit dans l'intérieur de cette espèce de cage en s'isolant parfaitement. Il arrondit les bras en tenant de ses deux mains les deux boutons d'une lampe à incandescence. Le courant passe, la lampe brille, et cependant, si l'opérateur avait eu les yeux fermés, il ne se serait aperçu de rien.

Comment expliquer cette insensibilité ? D'Arsonval fait la réflexion suivante.

Les sensations de la vue et de l'ouïe sont provoquées par des vibrations d'une rapidité fort différente.

L'oreille, qui est sensible aux vibrations assez lentes de l'air, ne l'est pas aux vibrations bien plus rapides de l'éther, elle ne l'est plus même à celles de l'air quand elles dépassent le nombre de 40 000 à la seconde.

Il y a donc pour la vue et l'ouïe un certain nombre de vibrations auquel elles sont accommodées. Qu'on aille en deçà ou au delà, l'organe reste insensible.

N'en serait-il pas de même pour les nerfs de la douleur et du mouvement ? Eux aussi seraient sensibles à un nombre déterminé de vibrations électriques ; dépassez cette limite, le nerf ne répondra plus.

Mais il est une autre hypothèse. Les courants de Hertz sont d'une nature spéciale et semblent participer des propriétés de l'électricité statique.

On sait que l'électricité statique est simplement répandue à la surface des corps. Les courants de l'électricité dynamique semblent au contraire pénétrer dans l'épaisseur même des conducteurs, et c'est ainsi qu'on explique que l'intensité d'un courant est proportionnelle à la section du conducteur, c'est-à-dire au carré du diamètre, si le fil est cylindrique.

Les courants alternatifs de Hertz sont, au contraire,

proportionnels à la circonférence qui limite la section, c'est-à-dire au diamètre simple et non au carré. C'est précisément la loi qu'ils doivent suivre s'ils glissent sur la surface du conducteur sans y pénétrer.

S'il en est ainsi, si les courants glissent sur la peau de l'opérateur sans pénétrer dans l'organisme, on conçoit qu'ils puissent être sans action sur le système nerveux et ne provoquer aucune réaction.

Toutefois des expériences plus récentes de d'Arsonval lui-même semblent aller à l'encontre de cette théorie. En collaboration avec Charrin (1), il a soumis à l'action des courants de Hertz certains liquides contenant des toxines provenant de bactéries. Ces toxines ont perdu, par ce traitement, leurs propriétés nocives. Si le courant n'a fait que glisser sur le liquide, on ne comprend guère le pouvoir qu'il a manifesté dans cette expérience.

D'ailleurs, d'Arsonval avait déjà annoncé lui-même auparavant une action bienfaisante de ses courants sur la nutrition.

L'action de l'électricité sur l'organisme ne s'exerce pas seulement par les courants, mais aussi par l'application unipolaire d'une seule des électrodes. Charpentier est occupé à étudier d'une manière spéciale ce mode d'excitation inauguré il y a vingt ans par Chauveau. Nous attendrons pour parler de ses travaux qu'il ait mis le dernier couronnement à son œuvre.

Le seul point sur lequel nous désirons attirer l'attention, c'est que plusieurs physiologistes attribuent une grande importance aux excitations unipolaires, si grande même que dans le cas des courants l'électrode négative est censée seule agir. Le courant électrique n'agirait pas par son débit, mais par sa pression.

Sur une conduite d'eau, abouchez un tube de caout-

(1) D'Arsonval et Charrin. *Action des courants à haute fréquence sur les toxines bactériennes.* REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, 15 février 1896, 7e année, p. 184.

chouc fermé au bout libre. Le courant ne passera pas par le tube, mais celui-ci se gonflera plus ou moins d'après la pression du liquide dans la conduite. Cette pression est loin d'être proportionnelle à la vitesse du courant. Au contraire, elle est la plus forte possible lorsque, le robinet de la conduite étant fermé, l'eau ne coule plus.

Nous ne prétendons point que la comparaison soit parfaite en tout point ; nous avons uniquement voulu mettre en relief la distinction entre la pression et le débit.

Ce ne serait pas même la pression qui influencerait les nerfs, mais les variations de pression. C'est ainsi que l'air ne rend pas de son s'il est soumis à une pression uniforme ; il ne répond qu'à des variations rythmées de la pression à laquelle on le soumet.

Nous avons successivement considéré le corps comme un conducteur d'électricité et comme une machine actionnée par l'électricité. Est-il aussi un réservoir ou une source d'électricité, peut-il faire l'office d'une pile électrique ?

Nul doute à cet égard. La quantité d'électricité peut même parfois être très grande. Tel est le cas des poissons électriques.

Parmi les anguilles, les gymnotes, parmi les raies, les torpilles lancent des décharges capables d'étourdir, sinon de tuer un homme.

D'Arsonval, dont le nom est déjà revenu plusieurs fois sous notre plume, a cherché récemment à déterminer la force du courant électrique développé par une espèce de raie, la torpille. Il a exposé le résultat de ses investigations dans la séance du 6 décembre 1895 de la Société française de physique.

L'organe électrique de la torpille occupe à peu près toute la largeur du poisson ; il est divisé en deux moitiés situées symétriquement des deux côtés du plan médian.

Deux plaques métalliques, placées l'une sur la face dor-

sale, l'autre sur la face ventrale de l'animal, servent d'électrodes. On irrite la torpille, et le flux électrique qu'elle émet suffit à alimenter des lampes à incandescence. La pression à laquelle est soumise l'électricité équivaut à celle de trois cents éléments Daniell, et l'énergie déployée dépasse vingt-sept kilogrammètres à la seconde.

Si l'on examine la structure intime des lobes électriques, on trouve qu'ils sont composés de prismes hexagonaux dressés verticalement, et chacun de ces prismes ressemble assez bien à une pile à colonne de Volta. Ils sont, en effet, composés de disques superposés, formant une série de couples, enfermés dans des espèces de cases. Dans chaque couple, le disque inférieur est une substance gélatineuse biréfringente, le supérieur est formé d'une substance plus liquide. Chaque disque gélatineux est relié par un filet nerveux à un cordon nerveux qui va rejoindre l'encéphale et y aboutir à un lobe électrique.

Mais il faut de nouveau ici qu'à côté d'analogies remarquables avec les piles ordinaires se voient des différences profondes. Nos petits prismes ressemblent par leur constitution à des piles de Volta, mais ce sont des piles de Volta qui ne fonctionnent pas d'elles-mêmes. Si l'animal n'est pas irrité, si le système nerveux n'intervient pas, on a beau réunir les électrodes, la pile ne marche pas, elle reste inerte.

Si, des courants spéciaux des torpilles et des gymnotes, nous passons aux courants ordinaires observables chez les autres êtres vivants, nous tombons subitement de l'infiniment grand à l'infiniment petit. D'une pile de plusieurs Daniell nous descendons subitement à une autre valant seulement les quatre centièmes d'un Daniell.

Et encore à quelles discussions n'a pas donné lieu cette minime quantité d'électricité ! Discussions bien justifiées d'ailleurs, car, pour découvrir ces petits courants dans un muscle ou un nerf, il faut mettre à nu ce muscle ou ce nerf, et, sur le vivant, ces opérations — il est à peine

nécessaire de le dire — ne se font pas sans entraîner des troubles graves dans l'économie. On n'ouvre pas un animal comme on ouvre une montre. De là le problème : l'électricité constatée est-elle naturelle, ou bien dérive-t-elle de l'opération elle-même ?

Hermann, depuis bientôt vingt-cinq ans, n'a cessé de prétendre que l'état électrique naturel des nerfs était une pure fiction. Il a même inventé des instruments pour démontrer que le courant électrique et l'altération du nerf marchaient du même pas. Hypothèse d'autant moins invraisemblable que, de l'accord commun des physiologistes, nulle altération, non seulement du nerf considéré mais même de toute autre partie de l'organisme, n'est sans influence sur le courant électrique observé dans le nerf.

Le courant électrique des nerfs étant si minime, son existence étant même sujette à contestation, il semblerait inutile de se poser la question que nous avions annoncée au début, c'est-à-dire si tous les phénomènes vitaux sont explicables par l'électricité. Aussi glisserions-nous sur ce point, si la question n'était pas réellement posée. Certains esprits même s'imaginent n'avoir plus que peu de chemin à faire pour établir solidement cette théorie.

Après des essais assez infructueux de Matteucci, du Bois-Reymond avait réussi, il y a quelques cinquante ans, à découvrir dans les muscles et les nerfs les courants dont nous avons parlé. Le professeur de Berlin jeta aussitôt le cri de triomphe ; il voyait une nouvelle ère s'ouvrir pour la physiologie : l'électricité allait tout expliquer. « Si je ne me trompe point du tout au tout, s'écrie-t-il, ce rêve séculaire des physiciens et des physiologistes, cette identité du principe nerveux et de l'électricité, je crois l'avoir appelée à la réalité... Ce n'est pas ici, comme dans d'autres cas où de semblables affirmations ont été jetées au public, le résultat d'une étude faite à la légère, d'une observation hâtive, d'une expérience dou-

teuse, ayant réussi une seule fois. Les plus importantes de mes observations ont eu les témoins les plus compétents, les plus graves qu'on puisse imaginer, car il ne sont autres que les premiers savants dont l'Allemagne se fait gloire (1). »

Dès l'abord on lui fit une difficulté sérieuse. Le courant électrique parcourt nos lignes télégraphiques avec une vitesse vertigineuse, car elle égale celle de la lumière. Comment identifier avec ce courant le flux nerveux, qui chemine péniblement avec une vitesse estimée communément à trente mètres par seconde, beaucoup moins vite que le son par conséquent ?

Du Bois-Reymond se rendit à cette raison ; aussi en 1866, dans une conférence donnée à la *Royal Institution* de Londres, il n'hésite pas à rejeter l'identité du courant nerveux avec les courants électriques ordinaires :

« Quant à la théorie de l'agent nerveux, maintenant que nous savons que cet agent se meut avec une vitesse dix fois moins grande que celle du son dans l'air, il est impossible d'essayer de le comparer au courant électrique tel qu'il circule sur un fil télégraphique, en supposant même qu'il fût démontré anatomiquement qu'il existe un circuit complet dans lequel ce courant puisse circuler. Ainsi, aux autres arguments contre cette théorie de l'agent nerveux, — que l'isolement physiologique des nerfs les uns des autres serait impossible à expliquer, — que l'effet de la ligature ou de la section du nerf et de la réunion des extrémités serait également obscure, — à ces arguments, quelque irrésistibles qu'ils soient en eux-mêmes, les recherches esquissées dans cette conférence

(1) *Untersuchungen über theorische Elektricität*, Vorrede, xv. — Cet ouvrage a une curieuse histoire. Le premier volume date de 1848, la première partie du second de 1849, et la seconde partie de 1884. L'auteur s'excuse sur ses occupations d'avoir tardé trente-cinq ans à achever le second volume. Je crois plutôt que son enthousiasme avait eu le temps de se refroidir, comme on le verra dans la suite de cet article.

(sur la vitesse de la translation de la sensation) ont ajouté des preuves corroboratives de la plus haute importance. Ce que nous avons appelé l'agent nerveux, si nous considérons sa vitesse si petite, est très probablement quelque mouvement interne, peut-être même quelque changement chimique de la substance elle-même contenue dans les tubes nerveux, se propageant, selon mes recherches, en haut et en bas du point où l'équilibre a été rompu, et capable, en outre, d'un nombre presque infini de gradations et de variations, et d'un caractère si particulier que la structure nerveuse doit être dans un état parfait pour qu'elle puisse se transmettre.... Il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer que, quoique la théorie électrique de l'agent nerveux, dans le sens que nous avons indiqué, ne puisse plus être soutenue (et elle n'a jamais pu l'être dans ce sens en restant dans le domaine des choses probables), il serait toutefois imprudent, au point où en est aujourd'hui cette question, de prétendre que l'électricité n'est pour rien et même qu'elle ne joue pas un rôle très important dans le mécanisme intérieur des nerfs (1)... Il n'est pas impossible d'émettre sur l'agent nerveux une hypothèse électrique qui embrassât le nouveau caractère de cet agent formant le sujet de cette conférence, sa lenteur de transmission. Supposez les *molécules électro-motrices*, — c'est-à-dire de petits centres d'action chimique , tous orientés de façon qu'ils tournent leurs côtés homologues du même côté, — agissant électriquement l'un sur l'autre, déterminant mutuellement leur position d'équilibre et con-

(1) En 1848, le professeur de Berlin prétendait avoir réalisé, sans nul doute possible, le rêve des physiciens et des physiologistes, l'identité du principe nerveux et de l'électricité, quoique sous des formes un peu différentes, *die Einerleiheit des Nervenwesens und der Elektricität, wenn auch in etwas abgeändert Gestalt;* ici, il se contente d'émettre timidement l'hypothèse que l'électricité pourrait bien être pour quelque chose et même jouer un rôle très important dans le mécanisme intérieur des nerfs. Comme la conférence n'est donnée qu'en résumé dans la REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES, je ne doute pas que du Bois-Reymond n'ait signalé lui-même ce revirement d'opinion.

trôlant leur déviation de cette position : dans un tel système, bien que l'électricité soit le lien de l'ensemble et le moyen de transmettre les actions, la vitesse de cette transmission serait indépendante de cette électricité et pourrait, comparée à elle, être presque nulle ; elle pourrait, en un mot, être ce que la vitesse de transmission de l'agent nerveux est réellement (1). »

Comme on le voit, du Bois-Reymond n'abandonne pas encore tout rapprochement entre l'électricité et l'influence nerveuse. Mais son ton est beaucoup moins triomphant que vingt ans plus tôt : une première expérience l'avait rendu sage.

Dans sa nouvelle théorie, appelée théorie de l'*électrotonus*, les nerfs étaient composés de molécules très petites, ayant chacune un pôle positif et un pôle négatif. Si ces molécules étaient tournées au hasard, elles ne dégageraient pas d'électricité sensible, car elles se contrarieraient mutuellement ; mais certaines causes les orientent toutes d'une façon régulière ; alors leurs actions s'ajoutent et le courant peut se manifester à l'extérieur. Sans qu'il s'exprimât ouvertement à cet égard, c'est probablement dans cette orientation préliminaire que le temps se perdait, et là se trouvait la cause de la différence de vitesse entre l'influx nerveux et l'électricité.

D'après Grotthus, dont la théorie d'ailleurs a donné naissance à celle de l'*électrotonus*, le même phénomène se passe dans les piles, et n'y entraîne pas cependant de déperdition de temps. Dans une pile, avant que la communication soit établie entre les électrodes, les molécules du liquide sont aussi supposées orientées de toutes les façons ; mais il suffit de réunir les électrodes pour produire une orientation uniforme. Cet effet est pour ainsi dire instantané, sinon nos dépêches subiraient un retard qui n'a jamais été accusé jusqu'à présent.

(1) Revue des cours scientifiques, IV, 40.

La thèse plus ou moins délaissée par du Bois-Reymond vient d'être reprise avec un nouvel enthousiasme par un de nos compatriotes dont le nom jette un brillant éclat dans la sphère de l'industrie. Et il ne s'agit pas d'un amour platonique de sa part ; avec une libéralité à laquelle le nouveau monde est habitué, mais qui trouve peu d'imitateurs dans l'ancien, il a fondé un Institut destiné à promouvoir ses idées, véritable palais digne de l'électricité et digne du donateur.

Sans vouloir offenser ni le créateur de cette œuvre ni ses collaborateurs, il me sera bien permis de constater un fait assez curieux à propos d'une université faisant profession de libre examen. Dans la fête destinée à célébrer simultanément le cinquantenaire de l'Université libre de Bruxelles et la fondation du nouvel Institut, d'un côté on faisait sonner bien haut la devise de l'Université consistant dans la nécessité de tout examiner, sans parti pris, sans préjugé — pour employer le mot courant,— et de l'autre on exaltait l'heureuse initiative de M. Solvay, qui avait cependant la franchise de déclarer son intention de fonder un Institut pour prouver une idée caressée depuis longtemps, mais, de son propre aveu, encore imparfaitement démontrée.

Je ne doute certainement pas que si la fausseté de cette idée venait à être démontrée d'une façon évidente, le fondateur de l'Institut et ses collaborateurs ne s'inclinassent de bonne grâce devant la vérité reconnue. M. Solvay ne renverserait pas ses installations, et ceux qui sont à la recherche de l'électricité vitale dans ses laboratoires ne briseraient pas leurs instruments.

Mais, avouons-le, après avoir annoncé avec grande solemnité au public qu'on est occupé à démontrer telle ou telle conception ingénieuse, c'est toujours une forte épreuve d'y renoncer ensuite ; et quand on a soi-même fortifié une place, on conçoit qu'on continue à la défendre plus longtemps qu'elle ne semble tenable à des juges désintéressés.

Quand on voit surgir un Institut destiné à ressusciter une idée déjà ensevelie depuis quelque temps, on peut se demander si, pendant les dernières années, il s'est produit une révolution dans l'électricité animale capable de justifier une nouvelle attitude de la part des savants. Avant de créer son œuvre, M. Solvay a fait un pèlerinage scientifique dans le but de sonder l'opinion courante. Avec la bonne foi qui le distingue, il avoue n'avoir reçu aucun encouragement. Du Bois-Reymond lui-même ne paraissait pas fort aise de voir infuser une nouvelle vie à l'enfant de ses premières années. Il courait même des nouvelles moins rassurantes encore sur les dispositions du père de l'électricité animale. Du Bois-Reymond n'aurait pas seulement renoncé à sa première idée, mais il aurait même abandonné la théorie de l'*électrotonus* sur laquelle il s'était rejeté ensuite pour concilier les courants électriques et les courants nerveux.

Il m'eût été plus aisé d'exposer la théorie de M. Solvay il y a cinq ans qu'à présent. Elle était alors d'une lucidité extrême, et, pour la rendre plus claire encore, l'auteur procédait par une série de questions qu'il résolvait d'une manière tout à fait précise (1).

Qu'est-ce qu'un animal ? se demandait-il.— Si on laisse de côté les formes animales moins bien caractérisées, « la réponse est immédiate, nette et catégorique : l'animal est un organisme qui se meut ».

Quelle espèce de moteur est l'animal ?—Si nous considérons qu'avec nos meilleurs moteurs thermiques on n'utilise que 10 p. c. de l'énergie dépensée, tandis que l'homme en utilise plus de 50 p. c., on en déduit que l'homme n'est pas un moteur thermique. Il est donc « un moteur électrique. Il n'est pas possible de croire qu'il soit autre chose,

(1) Lettre de M. Solvay du 25 juillet 1887, publiée par Paul Heger : *Le Programme de l'Institut Solvay*, conférence donnée à l'Université de Bruxelles, le 11 mars 1891.

puisque l'énergie dégagée par la combustion du carbone, telle qu'elle est utilisée par lui, l'est d'une façon plus parfaite que dans aucun autre moteur fabriqué par sa main, sauf les moteurs électriques ».

D'où provient l'électricité vitale ? — « Elle provient directement des réactions chimiques qui se passent dans l'économie. » Cette conclusion a « la certitude la plus grande que puisse donner la base sur laquelle nous nous appuyons ».

Quelles sont les réactions chimiques donnant naissance à l'électricité ? — « Nous concluons en toute certitude que l'oxydation des tissus est, dans les organismes animaux, la grande réaction chimique, très probablement la seule qui produise l'électricité animale. »

Où l'oxydation produit-elle l'électricité dans l'économie? — C'est dans les muscles. « L'oxydation musculaire produit presque exclusivement sans doute l'électricité animale. »

Le corps humain est une pile ; le muscle oxydé représente l'élément négatif, tandis que le plasma ou la lymphe correspond à l'élément positif. Les nerfs sont « les fils conducteurs » qui « font circuler l'électricité depuis le lieu où elle se produit jusqu'aux divers organes ou parties d'organes mus. »

Si le courant électrique est si difficile à constater, c'est que l'électrode négative, le muscle, est divisée en une infinité de fibres musculaires distinctes.

C'est un charme d'exposer une théorie aussi claire. Rien n'est laissé dans un vague prudent; tout est clair, précis ; nous savons exactement comment est constituée la pile humaine, quels en sont les éléments, les électrodes, les conducteurs, le rendement.

Bien plus, M. Solvay nous détermine le degré de confiance qu'il réclame pour sa thèse. On est trop habitué à voir les auteurs se retrancher derrière le mot de « probabilité », qui leur permet de faire ensuite volte-face

sans trop de déshonneur. M. Solvay s'engage résolument. Sa thèse est certaine, non-seulement dans son ensemble, mais pour chacune des conclusions que nous avons énumérées, à l'exception toutefois de la dernière pour laquelle M. Solvay n'emploie aucune formule spéciale. Mais cette dernière proposition, qui affirme qu'un muscle est divisible en une infinité de fibres musculaires, n'est pas de celles qu'on serait tenté de révoquer en doute.

Je veux bien reconnaître que M. Solvay laisse à ses adversaires la ressource de recourir à des hypothèses « extra-physiques ou arbitraires », qu'on pourrait « imaginer », mais à la condition de ne pas « rester sérieux ». Mais en dehors de cette restriction, « il s'est attaché à ne jamais sortir du domaine de la science positive actuelle. Tout ce qui devra être expliqué le sera au moyen des forces ou des notions actuellement admises en sciences physiques. Nous n'admettrons aucune force nouvelle ou distincte, en ce sens qu'elle ne ferait pas équation avec la lumière, la chaleur, l'électricité ; nous restons dans le domaine positif, évitant tout ce qui est extra-physique ou arbitraire. C'est pas à pas, rationnellement, et en nous appuyant seulement sur les faits acquis, que nous comptons avancer, et ne tirant que des déductions d'une rigueur que nous pourrions considérer comme véritablement géométrique ».

« Dans ces conditions, ajoute-t-il, nous regarderons les solutions données à nos théorèmes ou à nos questions, de même que les bases établies, comme étant d'une certitude aussi absolue que peut la donner la science positive actuelle. »

J'ai tenu à donner cette dernière phrase, où l'on pourrait peut-être voir une restriction à ce qu'il y a de catégorique dans les affirmations précédentes. Mais M. Solvay s'est montré trop sincère dans tout le reste de son exposé pour que nous le soupçonnions de vouloir esquiver l'attaque en se retranchant derrière une phrase ambiguë. Aussi, des deux sens dont est susceptible la phrase que

nous visons, je crois que ce n'est pas le sens restrictif, mais le sens augmentatif, dirais-je, qui est le bon. Il est assez clair que M. Solvay n'aurait pas employé le mot de *certitude absolue* si la science positive n'avait pu donner qu'une *probabilité,* tandis qu'il veut dire que sa thèse atteint le degré de certitude absolue des autres vérités démontrées par la science positive actuelle.

Mais au bout de deux ans, comme le ton est changé, comme les affirmations sont tempérées ! Nous assistons à la seconde étape par laquelle, avant M. Solvay, avait passé du Bois-Raymond. M. Solvay passera-t-il ensuite à la troisième étape et finira-t-il par le scepticisme du professeur de Berlin? Qui le sait ?

Dans son discours, distribué le 14 décembre 1893, M. Solvay voit déjà autre chose dans la vie que l'électricité. L'électricité ne joue plus que le rôle prédominant dans les phénomènes vitaux. « Il faut, dit-il, partir de cette conviction profonde que *les phénomènes de la vie peuvent et doivent s'expliquer par le jeu des seules forces physiques qui régissent l'univers, et que, parmi ces forces, l'électricité joue un rôle prédominant.* C'est pour contribuer à la vérification et au développement de cette thèse, par l'observation et l'étude des faits, que je me suis décidé à fonder un Institut spécial (1). »

Il dit encore, comme auparavant, que l'animal est un moteur électrique, mais avec quelle modestie ! « L'électricité *se prête* à une solution *satisfaisante* du problème, à laquelle il *paraît désirable* de s'arrêter, *tout au moins jusqu'à ce que* l'avenir nous ait révélé l'existence d'un nouveau mode de tranformation, si tant est qu'il en existe (2). »

Ce n'est plus le muscle seul qui, par son oxydation, est

(1) P. 6.
(2) P. 13.

le siège de la production d'électricité. « L'oxydation organique s'accomplit dans toutes les cellules vivantes ; elle se produit même dans le sang ou dans la lymphe aux dépens des éléments chimiques charriés par ces liquides et non encore organisés. Tous les tissus interviennent donc dans cet acte de combustion interne, tous doivent contribuer ainsi à fournir l'énergie nécessaire à l'être vivant... Les glandes, appareils formés de cellules à vie très active, subissent une oxydation intense (1). »

Le système nerveux est déchu de sa fonction de distribuer *en réalité* l'énergie dans tout le corps. « Tout se passe *comme si* (2) la totalité de l'énergie produite dans l'appareil électrogène circulait en réalité dans le réseau nerveux tout entier. » Et de fait, il semblait un peu étrange que les muscles dussent recevoir du système nerveux l'énergie qu'ils avaient produite eux-mêmes. A quoi bon faire ainsi circuler l'énergie en pure perte ? Aussi « les grandes voies du réseau nerveux ne servent plus en dernière analyse qu'à transporter la quantité d'énergie nécessaire à l'accomplissement des fonctions d'excitation (3) ». Les nerfs reprennent donc la fonction qu'on leur avait toujours donnée, celle d'exciter les muscles. Il n'y a plus de pile dans l'organisme, sinon une petite destinée à déclencher la grande machine vivante. Le moteur lui-même, c'est-à-dire le muscle, ne semble plus du tout, même dans le système de M. Solvay, être une pile, puisqu'il contient en lui-même son énergie et que cette énergie n'est plus transportée par le nerf. Autant vaudrait dire qu'un moteur hydraulique est un moteur électrique parce que les robinets seraient actionnés par l'électricité.

Les nerfs ne sont plus de simples fils télégraphiques. « Il y a lieu, dit-il, de déterminer le *processus* lui-même de la propagation du courant nerveux vers les organes d'uti-

(1) P. 19.
(2) L'auteur lui-même souligne l'expression.
(3) P. 24.

lisation. La nature intime de ce processus nous est encore *inconnue*, et *je n'entends pas l'identifier* avec celle de la propagation électrique dans un conducteur métallique (1). »

Les mots de *certitude*, de *rigoureux*, de *catégorique*, prodigués en 1891, sont éliminés dans le discours de 1893. Même pour le point cardinal du système, l'assimilation du corps à une pile, voyez de quels procédés insinuants se sert M. Solvay :

« Il est intéressant de remarquer que les tissus qui sont le siège d'oxydations intenses, comme les muscles et les glandes, sont richement pourvus de nerfs ; que ceux dans lesquels l'oxydation est faible, comme le cartilage et le tissu conjonctif, sont peu desservis par le système nerveux.

» *Ne peut-on* pas se baser sur ce fait, très important *à notre avis*, pour établir une *analogie* entre l'organisme animal, simple ou composé, amibe (2) ou homme, et le système constitué par un élément de pile voltaïque ? Les tissus très oxydables, formant l'appareil électrogène, joueraient le rôle de l'élément négatif de la pile ; les liquides oxydants on hydratants, celui de l'élément positif ; les nerfs serviraient à fermer le circuit.

» Nous retrouverions ainsi dans l'économie vivante la dualité chimique nécessaire à la production de l'énergie électrique ; *ne serions-nous pas*, dès lors, *autorisés* à regarder cet organisme comme une véritable pile physiologique ? *Si oui*... (3). »

Et ces formes adoucies ne le rassurent pas encore ; il craint de paraître trop affirmatif : « Dans le même but, Messieurs, qu'il me soit permis de substituer parfois,

(1) P. 16.

(2) Il faudra beaucoup de bonne volonté pour trouver, dans l'unique cellule d'une amibe, un élément négatif formé de tissus très oxydables, un élément positif constitué par des liquides oxydants ou hydratants, et des nerfs pour fermer le circuit.

(3) P. 17.

dans ce qui suit, la forme affirmative à la forme dubitative, lors même qu'il s'agira de propositions plus ou moins hypothétiques à démontrer; vous me suivrez plus facilement, et il vous sera facile d'attribuer à cet exposé sa véritable portée (1). »

Qui aurait le courage de s'attaquer à un homme aussi aimable et aussi conciliant? Aussi, laissant de côté la nouvelle hypothèse, vague et indécise, présentée par M. Solvay, nous chercherons uniquement à savoir pourquoi il s'est cru obligé de renoncer aux affirmations catégoriques de 1891. Ou plutôt, ne mêlons pas la personne de M. Solvay à une question purement scientifique, et demandons-nous si les faits permettent de considérer l'organisme comme une véritable pile électrique. Nous disons *véritable,* car s'il s'agit uniquement de rapprochements plus ou moins lointains, nous tombons dans le vague et nous entrons dans un domaine où règne souverainement l'arbitraire. Il n'est pas légitime de conclure d'une ressemblance quelconque entre les phénomènes à l'existence d'un mécanisme identique ou de causes identiques. Un ballon et un oiseau se ressemblent en ce qu'ils s'élèvent dans les airs, mais c'est par des procédés tout à fait différents qu'ils atteignent le même résultat, et il ne suffit pas d'étudier parfaitement l'ascension d'un ballon pour se rendre compte du vol de l'oiseau.

L'énergie de l'univers n'augmente ni ne diminue; c'est là un postulatum dont la vérification se fait chaque jour.

Il n'y a pas d'exception à cette loi pour les êtres vivants; toute leur énergie matérielle, l'énergie des muscles, des nerfs, des glandes a été puisée dans le monde extérieur. Ce principe est admis par tous les biologistes, et quoiqu'il puisse y avoir quelques points obscurs de détail, toutefois on parvient à faire très approximativement la balance entre l'énergie qui entre

(1) P. 30.

dans le corps vivant et celle qui en sort sous forme de chaleur ou de travail mécanique.

Nous venons de prononcer le mot de *forme* d'énergie. Dans la controverse actuelle, c'est ce mot qui doit attirer notre attention.

De même qu'un morceau de cire, tout en conservant le même poids, peut prendre différentes formes, devenir un vase, une statue, de même l'énergie peut, sans varier de quantité, prendre des formes différentes les unes des autres et ayant chacune leur caractéristique propre. La forme chaleur a pour caractéristique de produire une sensation spéciale dans la peau et d'agir sur le thermomètre ; la forme de travail mécanique a pour caractéristique le déplacement d'un corps dans l'espace ; la forme lumière se reconnaît à son action sur l'organe de la vue. Quoique la chaleur, la lumière, le travail mécanique soient des transformations d'une seule et même quantité d'énergie, on ne peut pas plus les confondre qu'on ne confond la forme d'un vase et celle d'une statue, lors même qu'ils proviennent d'un même bloc de cire. Et ce serait abuser du langage que de décorer un vase du nom de statue à cause de la communauté de matière.

La question qui se pose pour les êtres vivants n'est donc pas de savoir s'ils puisent leur énergie à une autre source que les êtres non organisés, mais si la forme qu'ils impriment à cette énergie est identique à l'une de celles qu'on retrouve en dehors d'eux.

Ce n'est donc pas à la quantité d'énergie qu'ils développent qu'il faut s'attacher, mais il faut voir si cette quantité d'énergie possède les caractéristiques propres à telle ou telle forme particulière. Vous aurez beau me dire que l'énergie apparaît chez les animaux sous forme de chaleur, je ne vous croirai pas si je ne constate aucune élévation de température soit par le toucher, soit par le thermomètre.

Si je veux assimiler la forme d'énergie des êtres vivants

à celle d'une pile électrique, il faut que je retrouve dans cette forme d'énergie tout ce qui caractérise essentiellement l'énergie d'une pile ; sinon c'est jouer sur les mots, et une assimilation plus ou moins nominale ne pourra me servir à expliquer les phénomènes vitaux par ceux que produit une pile.

Si le corps vivant est une pile, c'est assurément une pile très singulière. Pile singulière en ce que, même dans les circonstances les plus favorables, il faille des instruments très perfectionnés et excessivement sensibles pour y révéler des quantités très minimes d'électricité. En prenant pour bases de nos calculs la pression électrique constatée par Solvay (1) et la résistance des nerfs estimée par Charpentier, l'énergie manifestée par le nerf serait tout au plus capable d'élever en une seconde un demi-milligramme à un millimètre de hauteur, travail considérable pour un microbe peut-être, mais fort insuffisant pour servir de point de départ à une explication des 270 000 kilogrammètres produits par un ouvrier en un jour d'après Gauthier (2).

Pile singulière en ce que l'électricité suit de préférence les conducteurs qui conduisent le moins. En admettant même, ce qui est fort contestable, qu'à diamètre égal les nerfs conduisent aussi bien que les muscles, l'épaisseur des nerfs est de beaucoup inférieure à celle des muscles ; l'électricité en s'écoulant par les nerfs suivrait donc ici les voies de plus grandes résistances.

Pile singulière en ce que la prétendue électricité vitale se propage très lentement dans les nerfs. Demoor (3), il est vrai, a signalé dans le cylindre-axe, c'est-à-dire dans

(1) Ernest Solvay, Paul Heger et Leo Gérard. *Communication préalable au sujet de différences de potentiel existant en divers points des nerfs pendant le fonctionnement vital.* BULLETINS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE BELGIQUE, 3e série, XXI, 811.

(2) *Cours de chimie*, III, 800.

(3) *Contribution à l'étude de la fibre nerveuse cérébro-spinale.* Travail fait à l'Institut Solvay, juillet 1891.

la partie vraiment essentielle des fibres nerveuses, un défaut d'homogénéité révélé par le nitrate d'argent. Le cylindre-axe, à des intervalles réguliers, changerait de constitution sur une portion de sa longueur.

Ce défaut d'homogénéité pourrait peut-être déterminer une plus grande résistance dans le nerf; mais autre chose est la résistance, autre chose un retard apporté à la propagation. L'eau oppose, dit-on, au courant une résistance quarante millions de fois plus grande que le cuivre, mais la propagation du courant, si elle se fait peut-être plus lentement, continue cependant à avoir dans l'eau une vitesse prodigieuse.

Mais il est une réponse plus péremptoire encore. Malgré son hétérogénéité, le nerf transporte la véritable électricité avec sa vitesse normale ; ce n'est que vis-à-vis de la nouvelle électricité qu'il se montre plus ou moins réfractaire.

Notre pile a encore une autre singularité : c'est que le conducteur est plongé lui-même dans le liquide de la pile, c'est-à-dire dans le plasma, contrairement à toutes les prescriptions données par ceux qui s'occupent d'électricité. Il prétendent, en effet, qu'une pile ne marche pas à moins d'un circuit extérieur, et l'on n'a jamais songé jusqu'à présent à immerger les fils dans le liquide de la pile.

Nous pouvons conclure, je crois, sans trop de témérité, que l'organisme n'est pas une véritable pile, et comme, dans le langage rigoureux de la science, aucune dénomination ne peut être acceptée si elle n'est véritable, disons plutôt qu'il n'est pas une pile du tout.

Il est dit quelque part, dans un cantique de nos livres saints : « *salutem ex adversariis* », texte parfois interprété très mal, il est vrai, dans ce sens que nous tirerions notre salut de nos adversaires eux-mêmes. C'est un peu le cas pour le vitalisme.

Les vitalistes — et j'entends sous ce nom ceux qui soutiennent l'irréductibilité des phénomènes vitaux matériels

aux simples forces physico-chimiques manifestées par les êtres inorganisés, qu'ils admettent un principe supérieur à la matière ou non, — les vitalistes, dis-je, ont toujours eu l'heureuse chance de n'avoir qu'un adversaire à la fois, et cet adversaire leur a toujours servi à écraser l'adversaire précédent. C'est toujours à cause de l'insuffisance avérée des théories anciennes qu'une nouvelle théorie voit le jour. Les partisans des théories chimiques de la vie s'étonnent que des physiciens aient pu vouloir l'expliquer par le jeu des seules forces mécaniques. Les électriciens, nous venons de le voir, repoussent de toutes leurs forces l'assimilation du moteur vivant à un moteur thermique utilisant directement la chaleur produite par une combinaison chimique.

Un nouveau mode de transformation de l'énergie peut « nous être révélé par l'avenir ». M. Solvay lui-même ne le conteste pas. Si ce nouveau mode se manifeste, on peut être certain que, pris d'un nouvel enthousiasme, quelque savant l'utilisera pour expliquer la vie et annoncera au monde qu'il a réalisé le rêve séculaire des physiciens et des physiologistes. Mais pour montrer quelle belle conquête il a faite, il aura soin tout d'abord de mettre en évidence l'inanité des efforts tentés par les électriciens de ce siècle. Un triomphe de plus marquera alors l'histoire du vitalisme.

Guill. Hahn, S. J.

LES FONDATEURS

DE LA

MINÉRALOGIE [1]

Les progrès de la minéralogie sont le résultat de divers modes d'investigation appliqués à l'étude du monde inorganique. Dès le début de la phase scientifique de cette branche de nos connaissances se manifestent trois tendances, nettement caractérisées chacune par leurs méthodes propres de recherche. L'une d'elles poursuit l'étude des *caractères géométriques* et *physiques* des minéraux, qu'elle envisage dans leurs rapports avec les sciences mathématiques. L'autre s'attache à la description des espèces par la méthode propre de l'histoire naturelle comme on la comprenait autrefois, et qui consiste surtout à faire connaître les *caractères externes* tombant directement sous les sens et qu'on peut déterminer presque sans le secours d'appareils. Une autre enfin s'attache spécialement à faire connaître les *caractères chimiques*. C'est par l'action tantôt isolée, tantôt combinée de ces divers modes d'étude que fut édifiée cette science qui comprend dans sa sphère tout un règne de la nature.

Le coup d'œil que nous allons jeter sur l'histoire de la

(1) Conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, dans l'assemblée générale du jeudi 30 janvier 1896.

minéralogie nous permettra d'apprécier l'influence qu'exercèrent les chefs des diverses écoles dont on vient de caractériser les tendances. Nous ne nous attarderons pas à relever les erreurs qui ont entravé les progrès, nous ne nous attacherons pas à l'examen critique des idées spéculatives qui, durant de longs siècles, ont prévalu sur les méthodes scientifiques vraies, nous ferons plutôt ressortir les découvertes saillantes, nous n'enregistrerons que les grands faits de l'histoire de la minéralogie.

La minéralogie, envisagée comme science, n'a pas de lointaines origines ; elle dut nécessairement attendre pour prendre son essor que les sciences physico-chimiques fussent assez avancées pour lui prêter leur appui. C'est vers le milieu du XVIIe siècle qu'on peut placer ses débuts, et c'est dans la dernière moitié du XVIIIe que ses lois fondamentales furent découvertes. Nous n'avons donc pas à nous arrêter à exposer les notions plus ou moins exactes que laissent entrevoir les écrits des anciens : ce qui contribua, bien plus que leurs théories sur l'origine et les vertus des minéraux, à pousser la science dans sa vraie voie, ce sont les observations des mineurs qui, pour être toutes pratiques, n'en ont pas moins aidé dans une large mesure à fixer l'attention sur le monde minéral, sur la nature des espèces, sur leurs associations et leur répartition. Il n'est pas même jusqu'au nom de notre science qui ne rappelle cette origine modeste : le mot minéralogie en effet vient de *mina* (filon exploité), et c'est dans l'ouvrage célèbre d'Agricola (1494-1555) *De natura fossilium*, 1546, où sont renseignées toutes les connaissances acquises jusqu'à cette époque par l'exploitation minière de la Saxe, qu'on trouve exprimé, mieux qu'on ne l'avait jamais fait, un ensemble d'indications sur la forme externe, le clivage, la dureté, le poids et l'éclat des minéraux. Dès lors l'élan était donné à la minéralogie descriptive.

C'est plus d'un siècle après les travaux d'Agricola que vient se placer une des premières et des plus importantes

découvertes en cristallographie physique ; elle est due au médecin danois Érasme Bartholin (1625-1698). Dans son ouvrage *Experimenta crystalli disdiaclastici islandici*, 1670, il signale la double réfraction du spath calcaire, reconnaît le solide de clivage de ce minéral, détermine la valeur des angles plans de la face du rhomboèdre, et par le calcul trouve comme angle des arêtes culminantes 103°40′. Il montre en outre que le spath devient électrique par le frottement et qu'il fait effervescence aux acides. Dès 1661, Bartholin avait publié son travail *De figura nivis*, dans lequel il défendait l'idée de Descartes d'après laquelle les cristaux étoilés de neige sont formés par six bulles d'eau congelée, disposées symétriquement par rapport à une bulle centrale.

Bientôt après Chr. Huygens (1629-1695) étudie la marche des rayons réfractés dans la calcite et découvre la construction géométrique déterminant leur trajectoire pour une incidence donnée. Il trouve que l'angle du rhomboèdre de la calcite est de 105°, et il cherche à donner une interprétation du clivage en s'appuyant sur la structure moléculaire des cristaux. Robert Boyle (1627-1691), s'attachant à déterminer la densité des espèces minérales, arrive par ces recherches à une conclusion importante au sujet de la nature du quartz. Par des pesées dans l'air et dans l'eau, il montre que la densité de ce minéral est de 2 2/3, et ce résultat ébranle d'une manière définitive l'idée enracinée depuis l'antiquité que le cristal de roche (κρύσταλλος des anciens, eau congelée) n'était autre chose que de l'eau congelée qui avait été soumise à un froid long et excessif : car, fait-il observer, le cristal de roche ne peut être de la glace, celle-ci étant plus légère que l'eau, et ce minéral se trouve à Madagascar et dans d'autres régions de la zone torride.

C'est sur ce minéral, qu'on considérait comme le *cristal* par excellence, que vont porter les investigation du savant danois N. Steno (1638-1687). Ce grand naturaliste, auquel

on doit des observations capitales sur les phénomènes géologiques, qui en font un des fondateurs de cette science, ne s'illustra pas moins par ses découvertes en minéralogie. Dans ses études sur le cristal de roche, Steno décrit les combinaisons ordinaires de ce minéral cristallisé en pyramide hexgonale avec ou sans les faces prismatiques. Ses recherches sont consignées dans son livre célèbre *De solido intra solidum contento dissertatio prodromus* (1669). A l'aide de sections taillées perpendiculairement et parallèlement aux faces des prismes hexagonaux, il fit voir que les angles formés par les faces du prisme et celles de la pyramide restent constants malgré les variations que peut subir la dimension des faces considérées. Il montra que le cristal s'accroît par couches superposées, que c'est surtout sur les faces des pyramides que se fait le dépôt de la couche cristalline, il observa que les faces prismatiques sont striées parallèlement à leurs arêtes de combinaison avec la pyramide. Steno reconnaît que cette superposition de matière cristalline sur le noyau a une épaisseur qui reste la même pour toute la surface d'une même facette, mais que cette addition de matière ne se fait pas d'une manière uniforme sur toutes les faces du cristal. Il peut arriver ainsi que l'axe de la pyramide ne coïncide pas avec celui du prisme, comme il peut se faire aussi que certaines faces de la pyramide soient inégales entre elles, que la forme des triangles et des rectangles soit souvent modifiée et qu'il s'ajoute plus d'angles solides que la forme cristalline normale ne le réclame. Ce savant établit donc pour le quartz une loi fondamentale de la cristallographie qui sera généralisée plus tard : il prouve que, malgré toutes les variations dans la dimension et la forme des facettes, les angles dièdres restent constants pour ce minéral.

Les creux et les aspérités des faces du cristal de roche, leur disposition en gradins, les inclusions de gaz et de liquides, les différences dans la transparence reçoivent de Steno une interprétation rationnelle, et sont rapportés aux

causes qui président à la formation même du minéral cristallisé. Ni le refroidissement, dit-il, ni l'action du feu ne peuvent être invoqués comme cause de la formation des cristaux de quartz ; ils n'ont pas été créés au commencement des choses, mais ils pourraient encore se former aujourd'hui, et comme ils ont cristallisé d'un fluide, il suffirait qu'on connût ce fluide pour pouvoir le dissoudre à nouveau. Ce dissolvant était pour le quartz ce que l'eau-mère est pour les sels qui s'y déposent, et il interprète les cristaux constitués par des couches incolores et des couches d'améthyste comme étant formés de la même manière que des cristaux d'alun à couches diversement colorées.

Telles sont quelques-unes des conclusions auxquelles l'étude des cristaux de quartz avait conduit Steno. Aucune d'entre elles ne fut ébranlée dans la suite ; elles servirent de point de départ aux conclusions plus générales qui furent développées un siècle plus tard ; on peut dire que l'ensemble de ses observations sur la cristallisation du quartz offre une importance capitale et dépasse en portée toutes celles qu'on avait faites avant lui sur les minéraux cristallisés.

Près de vingt ans après l'apparition de la dissertation de Steno, Domenico Gulielmi (1655-1710) publiait en 1688, sur la forme cristalline des sels artificiels, des considérations analogues à celles émises par le savant danois sur le cristal de roche. Il envisage les cristaux comme composés d'un agrégat de particules infinitésimales indivisibles, qui ont une forme cristalline semblable à celle du cristal qu'elles constituent. C'est en quelque sorte le germe de la théorie d'Haüy, qui deviendra la base de la cristallographie rationnelle. Gulielmi admet que chaque sel possède sa forme déterminée et invariable, que le salpêtre n'affecte jamais la forme de l'octaèdre ni celle du cube, que l'alun ne cristallise jamais en parallélipipèdes ni en prismes, etc. Il reconnaît donc une forme cristalline propre pour chacun

de ces corps. Il est vrai qu'il ne tient pas exactement compte des formes secondaires, sinon il aurait reconnu comment les faces du cube et de l'octaèdre peuvent s'observer à l'alun et au sel gemme comme faces de combinaison ; mais la notion de la forme géométrique caractéristique avec angles constants revêtue par l'espèce minérale ressort déjà de ces études.

Les observations sur les cristaux artificiels, qui firent surtout l'objet des recherches de Gulielmi, avaient donc mis en évidence que des substances dissoutes peuvent cristalliser en reprenant la forme solide, et que les minéraux cristallisés s'étaient, de même, formés par dépôt d'une solution. On arriva ainsi à admettre comme une loi générale de la nature que les particules d'une substance, rendues mobiles par la liquéfaction, peuvent s'orienter, et que, lorsque le fluide qui les a dissoutes disparaît, elles se groupent en édifices réguliers, en solides terminés par des faces planes. On avait reconnu que la forme de ces solides dépend de la nature de la substance, mais on constatait en même temps que cette dépendance ne se traduisait pas toujours par des cristaux de forme identique, que bien souvent, au contraire, une même substance offrait des cristaux dont les formes étaient différentes d'aspect, dont les facettes n'étaient plus les mêmes ni pour le nombre ni pour la position. Nous verrons bientôt l'interprétation qu'on sut donner de ces apparentes anomalies.

Ces travaux, comme ceux de Linné, dont nous allons parler, se rattachent à la tendance cristallographique. Quoique les considérations géométriques soient encore très élémentaires, on peut dire cependant que c'est aux méthodes mathématiques que s'arrêtaient surtout les savants de cette époque se livrant à l'étude des minéraux. Linné (1707-1778), qui avait divisé le monde inorganique en *Petrae* (roches), *Minerae* (minéraux), *Fossilia* (fossiles), fut conduit à prendre la forme cristalline comme base

d'une classification du règne minéral. Frappé par la similitude des formes qu'affectent certains minéraux, et envisageant les sels comme les générateurs de la cristallisation, il admit que l'union de tel sel avec telle espèce de pierre donnait à celle-ci la propriété de cristalliser sous la forme particulière au sel, qui était pour lui comme le principe fécondant des cristaux. C'est ainsi que Linné considérait le diamant comme une espèce d'alun, parce qu'il cristallisait comme ce sel, et dans sa nomenclature il était désigné comme *Alumen adamas,* alun-diamant. Au fond, l'idée de Linné est empruntée au règne organique ; il transportait au règne minéral le système sexuel dont il avait tiré un parti si ingénieux pour la botanique. Ce que nous venons de dire de son système minéralogique montre à l'évidence qu'il ne repose sur rien de fondé. Mais, quoi qu'il en soit, on doit admirer l'activité de ce grand naturaliste, qui s'est efforcé de classer et de grouper les faits du monde minéral, si éloigné du monde organique dans l'étude duquel il s'était surtout illustré.

Il était impossible du reste, à cette époque, qu'on établît un système des minéraux : on ne connaissait qu'un nombre très restreint d'espèces, et leur composition n'était pas dévoilée, car la chimie, qui devait jouer un rôle important dans la classification, n'était guère plus avancée que la cristallographie. Les idées des alchimistes régnaient encore, les méthodes analytiques étaient plus qu'imparfaites, elles se limitaient à un petit nombre de réactions dues surtout à Boyle, et l'on s'appliquait tout au plus à faire des essais approximatifs de minerais. Mais la tendance chimique ne tarda pas à se prononcer, et ses méthodes d'investigation donnèrent un nouvel élan à l'étude des sciences minérales. C'est un peu plus tard en effet que les chimistes suédois, dont l'influence fut si considérable sur les progrès de la minéralogie, se signalent par leurs découvertes. Dès 1747, Wallerius publie son

système des minéraux, dans lequel les caractères chimiques sont mis en relief, et Axel von Cronstedt (1722-1765) consigne dès 1758 les premiers résultats scientifiques obtenus à l'aide du chalumeau. A partir de ce moment, ce précieux instrument fut appelé à jouer le grand rôle dans la détermination des espèces minérales. Cronstedt établit un système chimique dans lequel chaque classe et chaque ordre sont précédés des caractères qui dépendent de la composition. Son traité de minéralogie est un livre pratique qui contribua beaucoup à promouvoir l'étude de notre science. Mais malgré qu'on doive à Wallerius et à Cronstedt les travaux les plus importants qu'on eût fait jusqu'alors sur la détermination des minéraux par les méthodes chimiques, ils n'ont pas apprécié à leur juste valeur les caractères cristallographiques. Ils les négligèrent à tel point que Cronstedt, l'un des meilleurs esprits du temps, absorbé par les considérations chimiques, envisage les angles et les faces de certaines substances cristallisées comme n'étant soumis à aucune loi.

Ce que nous venons de dire ne s'applique pas cependant aux travaux d'un autre savant suédois, Torbern Bergmann (1735-1784). Dans son mémoire sur le spath calcaire, qui parut en 1773, il montra que la forme externe était reliée par des rapports intimes avec la forme interne ou solide de clivage. Bergmann, ne s'arrêtant pas à la constatation des faits qu'il observe, cherche à pénétrer la constitution intime de la matière cristallisée, et il arrive ainsi à la conclusion que les formes cristallographiques, revêtues par une espèce minérale, résultent de la superposition de plans autour d'une même forme primitive *(forma primitiva)* que lui donnait le solide de clivage. Il ne poussa pas plus loin ; il ne s'occupa pas de la forme de la molécule cristalline, ni des lois qui régissent la variation des lamelles décroissantes. Nous verrons bientôt quel parti Haüy sut tirer d'observations semblables en

les généralisant et déduisant d'elles les principes scientifiques de la cristallographie.

Les travaux de Bergmann dans le domaine de la chimie minérale ont à leur tour une grande portée. Il constate le premier que la température s'abaisse lorsque les sels se dissolvent ; que, lors de la cristallisation, de la chaleur se dégage ; que des cristaux peuvent se produire de solution aqueuse, d'un magma igné et par sublimation. Il tient compte de la dureté et du poids spécifique dans la détermination des espèces. Il enseigne le mode d'attaque des silicates insolubles à l'aide des alcalis ; il introduit dans la chimie analytique la méthode qui consiste à déterminer un élément, non en l'isolant, mais dans une de ses combinaisons bien connues et qui se forme le plus facilement. Les recherches de Bergmann portent le cachet d'un esprit scientifique vrai, se rattachent à la tendance géométrique, physique et chimique, qui domine à l'heure qu'il est les sciences minérales. Elles tranchent à cet égard sur celles de ses devanciers, dont les observations ne portaient que sur un côté de la science ; elles tranchent en particulier sur celles de Werner, le plus illustre représentant de la méthode de l'histoire naturelle appliquée à la minéralogie.

Le mémoire de Bergmann sur le spath calcaire venait de paraître lorsque Werner (1750-1817) publia, en 1774, son travail sur les caractères externes des minéraux *(Von den aüsserlichen Kennzeichen der Fossilien)*. Cette œuvre présente les qualités remarquables qui ont caractérisé l'enseignement de cet homme célèbre : netteté dans l'expression, sagacité dans la perception des propriétés distinctives, logique dans l'exposition. Les propriétés distinctives des minéraux sont groupées en quatre subdivisions : les caractères externes, internes, physiques et empiriques. C'est aux caractères externes, à ceux pour la recherche desquels nos sens suffisent, que Werner attribue le rôle principal dans la détermination des miné-

raux. Pour ce savant, l'attirail du minéralogiste est des plus simples : tous ses instruments consistent en un couteau, un briquet, une lime, un fer aimanté, une loupe, un flacon d'acide, et si l'on ajoute à tout cela, dit-il, un chalumeau, on est pourvu à l'excès. Les propriétés de la couleur, de l'éclat, de la cassure, de la rayure, de la dureté, etc., sont mises en relief d'une manière remarquable, ainsi que les caractères organoleptiques; tout cela est tracé de main de maître. Mais on n'en peut dire autant de la cristallographie de Werner ; elle manque d'exactitude. Il admet sept formes fondamentales : le cube, l'icosaèdre régulier, le dodécaèdre régulier, le parallélipipède, le prisme, la table, la lentille. C'est de ces formes qu'il fait dépendre toutes celles que présentent les cristaux des diverses espèces. Quand on se rappelle que l'icosaèdre régulier n'existe pas en minéralogie, non plus que le dodécaèdre régulier, qu'une seule espèce minérale, la calcite, présente jusqu'à cinq des formes fondamentales de Werner, il est inutile d'insister pour montrer les imperfections de ce système cristallographique. Mais par la nomenclature que sut créer le géologue de Freiberg, et en séparant la minéralogie de la géologie, comme il le fit dès ses leçons de 1780, il donna à notre science un champ d'action plus nettement limité et une existence propre ; par son enseignement fécond, par les hommes éminents qu'il groupait autour de sa chaire et qui s'illustrèrent dans l'étude des sciences minérales, il rendit à ces dernières d'inoubliables services.

Au moment où Werner donnait cette impulsion à l'étude des minéraux, et qu'il personnifiait en quelque sorte dans son enseignement la tendance à traiter la minéralogie comme science naturelle, l'école française, dont nous allons signaler la grande influence sur les progrès de cette branche de nos connaissances, suivant une autre voie, aborde d'une manière remarquable l'étude des caractères géométriques.

C'est à Romé de l'Isle (1736-1790) qu'on doit d'avoir ramené la cristallographie à des principes plus exacts : il groupa les cristaux de même nature, choisit pour chaque espèce minérale une forme simple, par des troncatures diverses il en déduisit les autres formes, montra les relations qui unissent toutes celles d'un même groupe. C'est dans son *Essai de cristallographie*, 1772, et dans sa *Cristallographie ou description des formes propres à toutes les espèces minérales*, que sont exposées ses vues. Pour de l'Isle, chaque cristal de la même substance peut être dérivé d'une forme fondamentale qu'il appelle *forme primitive*, dont les angles sont caractéristiques et propres à la substance elle-même. Les formes secondaires sont produites par des modifications sur les arêtes ou les angles solides de cette forme primitive, mais ces modifications sont telles qu'elles s'opèrent en même temps et de la même manière sur tous les angles et les arêtes de la même espèce, c'est-à-dire sur tous les éléments de la forme fondamentale qui sont géométriquement semblables. Ces faces secondaires avaient été déjà observées, mais on les avait envisagées comme étant plus ou moins accidentelles.

Pour établir sa théorie, de l'Isle détermina la forme primitive des substances cristallisées qu'il connaissait, et il trouva dans sa collection de cristaux, la plus belle qui existait alors, les éléments de son travail. Afin de s'aider dans ces recherches, il fit construire par Lermina et Carangeot des modèles en argile des formes qu'il étudiait. Carangeot, voulant atteindre toute l'exactitude possible dans la confection de ces solides géométriques qu'il ne parvenait pas à réussir sans les soumettre à des mesures angulaires, imagina, au cours de son travail, le goniomètre d'application. Ainsi fut mis entre les mains du savant français un instrument, très simple il est vrai, mais suffisamment précis pour lui permettre d'établir, par des déterminations faciles à faire avec cet appareil, la loi que Steno avait découverte au cristal de roche, mais qui

n'avait pas reçu toute sa généralisation. Parcourant toutes les modifications qu'un cristal peut subir par troncature et surtroncature de ses angles solides et de ses arêtes, de l'Isle arrive à la conclusion « qu'au milieu des variations sans nombre dont la forme primitive d'un sel ou d'un cristal quelconque est susceptible, il est une chose qui ne varie pas et qui reste constamment la même dans chaque espèce : c'est l'angle d'incidence ou l'inclinaison respective des faces entre elles ».

Après avoir constaté à l'aide du goniomètre que les angles des faces semblables de la forme primitive sont constants et caractéristiques pour la substance dont il s'agit, il fut conduit à admettre six formes primitives principales, qui soumises à des modifications symétriques donnent naissance à un grand nombre de formes secondaires. Les solides primitifs de de l'Isle sont : le tétraèdre, le cube, l'octaèdre, le rhomboèdre, l'octaèdre à base rhombe, la double pyramide hexagonale. Nous ne poursuivrons pas dans le détail les modifications systématiques auxquelles il soumettait chacune de ces formes fondamentales pour en dériver les solides secondaires; bornons-nous à indiquer quelques-unes des conclusions principales que de l'Isle fait découler de ses observations. Toute bipyramide peut être accompagnée des faces du prisme, et inversement tout prisme bipyramidé peut se présenter sans les faces du prisme. Un cristal avec faces de prisme, portant des faces de pyramide à une extrémité, serait terminé à l'autre par les mêmes faces si elle avait pu se développer librement. Ainsi, l'existence d'une de ces pyramides nous permet de conclure à l'existence de l'autre. C'est ainsi que de l'Isle arrive à formuler la *loi du parallélisme des faces*. Un cristal présentant des angles rentrants est formé par deux ou plusieurs individus groupés simplement, ou bien la moitié d'un des cristaux à angle rentrant peut être envisagée comme ayant tourné de 180°, l'autre moitié restant fixe. Il exprime donc nettement la

notion de la *macle,* et il en donne un grand nombre d'exemples : c'est ainsi qu'il figure celles du gypse, de l'harmotome, de la staurotide, du feldspath, du spinelle, de la pyrite et de la cassitérite. Il reconnaît les pseudomorphoses, car il interprète le quartz cubique comme remplissage de vides laissés par la pyrite, la galène ou la fluorine.

L'œuvre de de l'Isle comprend, outre les principes de cristallographie sur lesquels on vient d'insister, la description des espèces, les figures des formes cristallisées, la mesure de leurs principaux angles ; et, pour nous servir des expressions même d'Haüy, sa cristallographie est le fruit d'un travail immense par son étendue, presque entièrement neuf par son objet, et très précieux par son utilité.

Il importe de signaler que toutes les méthodes dont il fut question jusqu'ici sont presque exclusivement descriptives, que toutes les recherches minéralogiques se réduisent à l'observation de l'aspect extérieur des cristaux sans qu'elles établissent des rapports avec la structure interne, sans relier l'ensemble des faits connus par une conception sur l'édifice moléculaire des cristaux. C'est à Haüy que revient l'honneur d'avoir abordé avec succès ce côté élevé des sciences minérales ; mais avant de résumer ses vues, arrêtons-nous pour faire ressortir le concours précieux qu'à cette époque les chimistes ont apporté aux progrès de la minéralogie.

Nous avons dit plus haut qu'on doit à Cronstedt les premières indications scientifiques sur la manière de se servir du chalumeau. A l'époque où nous sommes arrivé, cet instrument était d'un usage constant chez les minéralogistes, et l'on peut avancer que l'application qu'on fit dès lors du chalumeau pour caractériser les espèces eut pour la chimie minérale une portée semblable à celle du goniomètre pour la minéralogie physique. Pour ne citer que les découvertes saillantes de cette période en chimie

minérale, bornons-nous à signaler celles de Klaproth qui, de 1789 à 1803, reconnaît l'urane, la zircone, le titane, le cérium et caractérise le tellure, celles de Scheele qui, de 1771 à 1781, découvre coup sur coup l'acide wolframique, l'acide molybdique, le manganèse, le chlore, la baryte, l'acide fluorhydrique. Les méthodes d'analyse quantitative, telles qu'elles avaient été préconisées par Bergmann, furent bientôt perfectionnées par des chimistes habiles, à la tête desquels on doit citer Klaproth, Kirwan et Vauquelin. Les travaux de ces maîtres des sciences chimiques contribuèrent dans une large mesure à établir la notion de l'espèce et à préciser les caractères diagnostiques des substances minérales.

Mais au point de vue de notre science, toutes ces recherches s'effacent devant celles d'Haüy, qui viennent en quelque sorte couronner l'édifice élevé durant cette première période de l'histoire de la minéralogie scientifique, et qui se termine vers la fin du XVIIIe siècle. L'œuvre de cet illustre savant dépasse, tant par la portée des déductions que par la profondeur des observations, toutes les découvertes que nous avons signalées jusqu'ici.

L'abbé René-Just Haüy naquit en 1743 à St-Just dans l'Oise, il mourut à Paris en 1822. Ses premiers travaux sur la structure du grenat et du calcaire parurent dans le *Journal de Physique,* en 1782 ; son mémoire, *Essai d'une théorie de la structure des cristaux*, date de 1784 ; il publia en 1782 son *Exposition de la théorie de la structure des cristaux*. Son célèbre *Traité de minéralogie* parut dans sa première édition en 1801.

Pour de l'Isle, le choix de la forme primitive, dont il faut dériver toutes celles qu'affecte une espèce minérale, était en quelque sorte arbitraire, car on pouvait prendre comme solide fondamental presque chacune des formes dérivées d'une série, la soumettre à toutes les troncatures systématiques et en obtenir ainsi tous les solides dérivés. Mais on pouvait soulever une objection plus grave : c'est

qu'il avait choisi le cube et l'octaèdre comme formes primitives distinctes, alors qu'ils ne sont en réalité que des termes d'une même série, et qu'on peut les faire dériver l'un de l'autre par des modifications identiques portant sur les mêmes angles. On se refusait à admettre cette science, surtout les naturalistes du temps, qui s'insurgeaient contre la méthode comme la trouvant déjà trop mathématique pour se plier aux faits de la nature. Les découvertes d'Haüy vinrent donner une notion plus exacte de la forme primitive et en rapport avec les résultats de l'observation.

Il est presque inutile de rappeler, tant les faits sont connus, comment Haüy fut amené à ses grandes découvertes. Ayant détaché d'un groupe de calcite un cristal prismatique, ce prisme vint à se briser de façon à montrer sur sa cassure des faces non moins lisses que celles du dehors et qui présentaient l'aspect d'un cristal nouveau tout différent du prisme par sa forme. Le savant français ignorait alors les observations de Bergmann, rappelées plus haut, et qui portaient sur le solide de clivage du même minéral. Haüy étudie les faces nouvelles qu'il obtient en clivant l'échantillon, et découvre qu'elles sont les mêmes que dans le rhomboèdre du spath d'Islande. Il poursuit ses expériences, et de tous les cristaux de calcite il fait sortir toujours le même solide de clivage, quelle que soit la forme externe du solide qu'il clive. Envisageant ce noyau comme forme primitive, il en fait dériver toutes les formes cristallines observées à la calcite.

Haüy constate ensuite l'existence d'un solide de clivage pour un grand nombre d'autres espèces minérales, et il conclut que le noyau obtenu en clivant un minéral est la forme primitive propre de l'espèce. Le choix de cette forme est donc indiqué par la nature ; il n'est plus arbitraire. Les solides de clivage d'un grand nombre de minéraux sur lesquels portèrent ses expériences lui permirent de reconnaître comme formes primitives : le cube, l'octaèdre

régulier, le tétraèdre, le rhombododécaèdre, le rhomboèdre aigu et obtus, l'octaèdre à base rectangulaire ou rhombique, les prismes droits, dans lesquels les arêtes latérales sont perpendiculaires au plan des bases, les prismes obliques, dans lesquels ces mêmes arêtes sont obliques sur le plan des bases, enfin le prisme hexagonal régulier et la double pyramide hexagonale. Soumettant ces solides aux modifications qu'on obtient par les troncatures, les biseaux et les pointements, il en fait dériver toutes les formes secondaires. Il constate que, dans la nature, les modifications sont soumises à des lois dont la première est la *loi de symétrie*, d'après laquelle les modifications se répètent de la même manière et produisent le même effet sur toutes les parties extérieures identiques.

L'existence de cette loi avait été implicitement reconnue par de l'Isle ; mais il n'avait vu que le fait, la raison du phénomène lui avait échappé. Nous allons voir comment Haüy arriva à établir les relations mathématiques qui unissent les faces secondaires à la forme primitive et donnent aux premières une direction déterminée. Cette découverte se rattache à sa théorie de la structure des cristaux, elle est le développement logique des études auxquelles il s'était livré sur le clivage.

Nous avons dit qu'en provoquant le clivage d'un grand nombre de minéraux, il avait obtenu des solides polyédriques comme ceux que lui avaient donnés les cristaux de calcite ; il avait constaté qu'aussi loin qu'était poussée la division mécanique, ce noyau restait le même, revêtant avec une constance absolue la forme polyédrique du solide de clivage. Puisque l'expérience, poursuivie jusqu'aux limites extrêmes de la division mécanique, donne toujours le noyau géométrique caractéristique de l'espèce, il en conclut que l'élément insécable revêt lui aussi le même caractère géométrique qu'on voit à l'œil nu dans le solide de clivage. Cet élément insécable est la *molécule intégrante* d'Haüy, et il admet que c'est par le groupe-

ment régulier, par l'orientation de ces molécules polyédriques, de même dimension et infiniment petites, qu'est construit l'édifice cristallin ; elles forment dans le cristal par leur juxtaposition des files ou rangées rectilignes.

Si nous nous reportons à ce que nous avons dit plus haut en rappelant les expériences d'Haüy sur le clivage de la calcite, on remarquera qu'on arrive à dégager d'une forme secondaire le noyau de clivage ou forme primitive en enlevant successivement des lames du minéral ; on peut donc envisager la forme primitive comme déduite de la forme secondaire par l'enlèvement successif de lames ; cette forme secondaire est comme édifiée sur la forme primitive par la superposition sur toutes ses faces de lames graduellement décroissantes en étendue, soit de tous les côtés à la fois, soit seulement dans certaines parties. Cet illustre savant chercha à trouver la loi à laquelle obéissent ces *décroissements,* et il put démontrer qu'ils s'opèrent par des soustractions régulières d'une ou de plusieurs rangées de molécules intégrantes parallèles à certaines directions des lames.

Si la conception théorique d'Haüy est vraie, les faces secondaires n'ont donc pas une position arbitraire comme le supposait encore de l'Isle, mais cette direction des facettes est celle qui répond à la soustraction d'un certain nombre de rangées de molécules intégrantes, rangées dont l'épaisseur est mesurée par un multiple d'une de ces molécules. Et de fait, il prouva, en soumettant au goniomètre un nombre considérable de cristaux, que l'inclinaison des faces secondaires sur les faces du solide primitif est telle que le réclame sa théorie, que le nombre de rangées à soustraire au noyau est simple et rationnel et qu'il dépasse rarement le nombre de six.

C'est ainsi qu'il arriva à formuler la *loi des décroissements,* principe de tous les calculs cristallographiques, qui trace les directions que peuvent prendre les facettes secondaires et restreint dans une large mesure les modi-

fications symétriques. Cette loi est généralement désignée aujourd'hui sous le nom de *loi des paramètres*, et en introduisant comme on le fait maintenant la notion des *axes cristallographiques* dont nous allons parler à l'instant, on peut la formuler de la manière suivante : Toutes les modifications susceptibles de se produire sur les arêtes et les angles d'un polyèdre cristallin donné, étant suffisamment prolongées, coupent les paramètres de ce polyèdre à partir du centre dans un rapport rationnel généralement assez simple.

Dès ce moment la cristallographie, la branche la plus importante de la minéralogie, est fondée : elle se présente comme une science immuable quant à ses principes ; sa forme seule sera susceptible d'être modifiée. Il est inutile d'insister sur le parti qu'Haüy sut tirer du caractère cristallographique pour la détermination des espèces minérales et l'influence qu'exercèrent ses découvertes sur la minéralogie descriptive, qui se transforma en ses mains. Il avait ouvert la voie aux recherches vraiment scientifiques de la minéralogie, presque tous ses progrès futurs découleront de l'application rationnelle des principes qu'il a établis et se rattacheront aux lois qu'il a découvertes.

Mais les conceptions théoriques de ce savant sur la forme polyédrique primitive, choisie comme point de départ de l'édifice cristallin, ne furent pas sans soulever des objections. D'abord certains minéraux n'ont pas de clivages distincts, d'autres en ont un ou deux seulement ; or, il en faut trois au moins pour limiter un solide. On attribuait à ces minéraux un solide primitif arbitraire, et rien ne commandait de le choisir comme forme primitive. Une autre objection consistait à dire que, si l'on prend comme point de départ les solides de clivage, certaines molécules intégrantes qui en résultent ne peuvent se ranger sans vides : tels sont l'octaèdre et le tétraèdre ; en effet, les molécules qui ont cette forme doivent par la cristallisation se réunir symétriquement, c'est-à-dire de

manière que les parties semblables de toutes les molécules soient semblablement dirigées. Si l'on cherche à remplir cette condition avec des octaèdres ou des tétraèdres, on doit les disposer de manière à ce qu'ils se touchent par leurs arêtes, et l'édifice moléculaire n'aura aucune stabilité. Une objection plus sérieuse encore est celle qu'on formulait en disant que les lois de symétrie et des décroissances rationnelles trouvaient leur interprétation en prenant comme point de départ, non le solide de clivage, mais toute autre forme de la série cristalline à laquelle appartenait le solide de clivage ou la forme primitive.

Plus tard ces objections seront levées, lorsqu'on substituera dans la conception d'Haüy l'idée de centres de forces sans forme définie, et qu'on mettra ainsi en rapport avec les progrès de la physique moléculaire les idées géniales du législateur de la minéralogie. Mais au commencement de ce siècle, les objections qu'on soulevait conservaient toute leur portée. C'est alors que Ch. S. Weiss (1780-1856), ancien élève de Werner, qui avait suivi les leçons d'Haüy dont il avait traduit le traité de physique et de minéralogie, entreprit de donner une autre forme aux conceptions du savant français. Dans un premier travail, Weiss avait montré que non seulement des directions de clivage étaient parallèles aux faces du solide primitif, mais que le clivage, voilé il est vrai, pouvait se produire suivant des facettes secondaires. Cette objection, ajoutée aux précédentes que nous venons de rappeler, le conduisirent à créer pour l'étude des cristaux un système dans lequel il faisait abstraction de toute hypothèse sur la constitution moléculaire des minéraux cristallisés. Le système cristallographique de Weiss, exposé dans son mémoire *De indagando formarum crystallinarum charactere geometrico principali*, 1809, est purement géométrique. Il introduit la notion des *axes cristallographiques*, et fait voir que les faces du cube, de l'octaèdre régulier, du rhombododécaèdre peuvent se rap-

porter à un système d'axes coordonnés égaux en longueur et se coupant sous des angles droits. Pour la pyramide et le prisme à base carrée, les trois axes sont à angles droits, mais deux de ces lignes seulement sont égales entre elles ; pour le rhomboèdre, le prisme hexagonal régulier et la pyramide hexagonale, trois axes sont égaux, situés dans un même plan, également inclinés les uns sur les autres, et le quatrième axe est perpendiculaire sur les trois premiers ; pour une pyramide ou un prisme à base rhombe, les trois axes sont perpendiculaires mais de longueur inégale. Weiss montra en outre qu'en prenant sur les axes des longueurs égales à 2, 3, 4, etc. fois la longueur prise comme unité et faisant passer par ces points déterminés des faces cristallines, on obtenait toutes les formes secondaires dont Haüy avait démontré l'existence.

En 1820, Mohs (1774-1839), un des plus brillants élèves de Werner, établit quatre *systèmes cristallins* qui répondent exactement aux subdivisions de Weiss qu'on vient d'indiquer.

Une conception purement géométrique s'est donc substituée aux idées d'Haüy sur la structure des cristaux ; mais il est à peine besoin d'ajouter que les lois fondamentales, la rationalité des axes et la constance des angles conservent toute leur valeur. Une nouvelle notion s'introduit vers cette époque : c'est la notion de l'*hémiédrie*. De l'Isle et Haüy avaient envisagé le tétraèdre comme forme primitive ; Weiss et Mohs le considèrent comme un octaèdre dont la moitié des faces alternes auraient été éliminées ; ils désignent l'octaèdre comme forme holoédrique, le tétraèdre comme hémièdre.

En 1822, Mohs, apppliquant le goniomètre à réflexion découvert par Wollaston en 1809 et secondé dans ses observations par Haidinger, arriva par des mesures angulaires plus exactes à affirmer l'existence de deux systèmes de cristallisation qu'on n'avait pas encore signalés jus-

qu'alors. Il constata que certains polyèdres cristallins n'avaient pas les trois axes rectangulaires : une série présentait, en effet, deux axes obliques et le troisième perpendiculaire sur les deux autres, et une troisième série avait les trois axes obliques les uns sur les autres. Placés à la suite des quatre systèmes antérieurement établis, ils constituent le cinquième et le sixième système cristallographique de Mohs. Ces dernières recherches achevèrent de constituer définitivement les systèmes cristallographiques. On doit, en outre, à Mohs d'avoir contribué dans une large mesure à la diffusion de la science minéralogique. Élève de Werner, il mit en première ligne les caractères externes comme l'avait fait son maître ; cependant, comme on vient de le voir, il donna plus de portée que celui-ci à l'étude des propriétés géométriques. Il rendit de réels services en introduisant son échelle de dureté qui a conservé toute son importance pour la détermination des espèces. Fidèle aux traditions de l'École de Freiberg, il en suit la tendance un peu exclusive en établissant son système des minéraux : il ne tient pas compte des caractères chimiques, il s'appuie surtout dans la détermination de l'espèce sur la forme cristalline, le clivage, la dureté, le poids spécifique. Mais ce système tout artificiel et compliqué était condamné à être bientôt abandonné.

La découverte de la polarisation de la lumière trouva bientôt de remarquables applications en minéralogie. En 1819, Brewster (1781-1865) montra que la subdivision en systèmes obtenus par la considération des rapports géométriques pouvait être confirmée par l'étude des propriétés optiques des corps cristallisés. Ce physicien établit, en effet, que tous les corps dont le solide de clivage est un cube, un octaèdre régulier, un tétraèdre ou un rhombododécaèdre, sont sans action sur la lumière polarisée ; que tous ceux dont le solide de clivage est un rhomboèdre, un prisme hexagonal, une pyramide hexagonale, un octaèdre ou un prisme à base carrée ne possèdent qu'*un axe optique* ;

que tous les cristaux dont le solide de clivage est différent de ceux signalés plus haut sont à *deux axes optiques*.

Ce n'est qu'un peu plus tard, en 1833, que de nouvelles recherches sur l'optique des cristaux firent voir que les deux systèmes à axes obliques étaient fondés comme les quatre premiers sur des propriétés spéciales de la structure interne. On montra, en effet, que les solides à deux axes optiques peuvent se subdiviser en trois groupes répondant aux trois derniers systèmes cristallographiques : dans le premier groupe, les bissectrices de l'angle formé par les axes optiques et une troisième ligne normale au plan qui renferme les axes se confondent, quant à la direction, avec les axes cristallographiques (IVe système) ; pour ceux du second groupe, ces deux bissectrices ne coïncident plus avec les axes cristallographiques (Ve système), et dans le dernier système, les bissectrices et la normale ne coïncident pas avec les axes géométriques du cristal (VIe système).

Les découvertes qu'on vient de rappeler sont l'une des plus belles conquêtes obtenues par l'application des méthodes géométriques et physiques en minéralogie. Elles seront le point de départ d'études fructueuses qui enrichiront tout à la fois le domaine de cette science et celui de la physique.

Pendant que se développaient ainsi les connaissances relatives à la cristallographie physique et géométrique, et que la minéralogie purement descriptive, quoique toujours trop confinée dans l'étude des caractères externes, faisait faire des progrès incontestables à notre science, la tendance chimique, subissant une vigoureuse impulsion sous l'influence des grands chimistes de l'époque, aidait à combler les lacunes que laissaient exister les méthodes que nous venons de voir appliquer aux recherches minéralogiques, et apportait des données nouvelles sur la composition des minéraux : ces données vont permettre, en faisant entrer en ligne de compte les affinités chimiques, de mieux grou-

per les espèces et d'établir sur ses vraies bases la minéralogie systématique.

Nous avons dit plus haut comment les chimistes suédois avaient largement contribué par leur concours aux progrès des sciences minérales. C'est encore un savant suédois qui joue le rôle principal dans la phase à laquelle nous sommes arrivé. Des observations exactes avaient montré que les éléments se combinent en proportions déterminées ; Berzelius (1779-1848) introduit alors pour chaque corps simple un symbole, qui permet d'exprimer la constitution d'un minéral par une formule. En 1815, il fit connaître son système chimique des minéraux basé sur le principe électro-chimique. Mais le premier essai de classification dut être bientôt modifié, lorsque Mitscherlich vint montrer, par la découverte de l'isomorphisme, que des éléments très différents au point de vue électro-chimique peuvent se remplacer mutuellement sans que les caractères physiques des mélanges soient modifiés d'une manière appréciable à la vue. Sans nier l'importance des découvertes de Berzelius, auquel on doit la connaissance exacte de la composition de tant des minéraux, il n'est pas douteux que la tendance qu'il représentait ne conduisait à rien moins qu'à l'absorption de la minéralogie dans la chimie. C'est ce qu'il exprime du reste d'une manière très nette dans son *Nouveau système de minéralogie* (1819). « La minéralogie considérée en elle-même, écrit-il, n'est qu'une partie de la chimie. Elle ne peut avoir d'autre base scientifique que la base chimique ; toute autre lui est étrangère, lorsqu'on l'envisage comme science ; et si, jusqu'à ce moment, il n'en a pas été certainement ainsi, il faut l'attribuer, d'un côté, au long retard du perfectionnement de la chimie, et de l'autre, à ce que ceux qui ont inventé les systèmes minéralogiques n'avaient pas pénétré avec la même ardeur et la même perspicacité dans le système chimique. »

Ce furent les découvertes d'un autre chimiste, celles de Mitscherlich, qui vinrent démontrer bientôt combien les

idées trop exclusives de Berzelius étaient peu fondées, et prouver comment il est indispensable, tout en tenant un juste compte de la constitution chimique, de faire une large part aux propriétés physiques.

Dès 1815, Fuchs avait signalé que certains éléments pouvaient en remplacer d'autres dans une combinaison ; en 1818, Mitscherlich montra par la découverte de l'*isomorphisme,* qui est comme une généralisation des observations de Fuchs, comment des cristaux peuvent avoir une composition chimique différente et pourtant offrir au point de vue de la forme et des caractères généraux tant d'analogies qu'on peut à peine les envisager comme appartenant à des espèces différentes. Cette découverte prouvait que, sans qu'il y ait identité absolue de matière, il y a cependant identité dans le groupement des atomes, et qu'une loi préside au remplacement des membres de ces groupes. Elle faisait comprendre d'une manière plus large ce qu'on doit entendre par la composition chimique d'un minéral, et ébranlait dans ses fondements le système électrochimique.

Haüy avait déjà reconnu que la calcite et l'aragonite, quoique de même composition, possèdent des formes primitives différentes. Mitscherlich fit voir en 1822 que le soufre cristallisé par fusion et refroidissement se transforme en prismes du système monoclinique, et celui qui cristallise d'une solution concentrée de sulfure de carbone donne des pyramides parfaitement caractérisées du système rhombique. Il avait donc établi le *dimorphisme,* et cette propriété de certains corps fournissait un nouvel argument contre les exagérations de l'école chimique. Ces deux belles découvertes vinrent faire la part légitime aux rivalités qui se traduisaient dans les diverses tendances en minéralogie, et montrer que si la composition doit servir de base à la classification, la forme cristalline et les propriétés physiques sont des éléments dont la considération donne à la minéra-

logie son caractère propre et lui assigne un rang dans les sciences naturelles.

On peut dire que dès ce moment les bases de la minéralogie sont jetées, que les grandes lignes de l'édifice scientifique sont tracées ; son achèvement sera dû à l'action des diverses écoles dont nous venons d'entrevoir les tendances et les résultats fondamentaux ; mais dès ce moment aussi la division du travail se fait sentir, et il serait difficile, sinon impossible, de résumer en un ensemble les découvertes variées qui se sont succédé depuis dans les diverses branches de la minéralogie (1).

A. F. Renard.

(1) Ce coup d'œil sur l'histoire de la minéralogie doit servir d'introduction au *Traité de minéralogie*, en ce moment sous presse, que je publie avec la collaboration de M. le Dr Stöber, répétiteur à l'université de Gand. Dans cet ouvrage, qui comprend la matière des leçons de minéralogie données aux élèves des Ecoles spéciales annexées à cette université, nous nous sommes efforcés de tracer un aperçu de l'état actuel de cette science.

FRESNEL, FARADAY,

LES ÉLECTRICIENS

ET LES FORCES A DISTANCE

Il est toujours hasardeux, à qui se meut dans la sphère plus modeste de la culture intellectuelle ordinaire, de différer de conviction avec quelqu'une de ces intelligences d'élite qui, placées au plus haut des sommets de la science, appuient du poids de leur puissante autorité les opinions qu'ils livrent à la discussion publique.

Cette réflexion se présente naturellement à l'esprit à la suite de la lecture attentive et réitérée d'un travail dû à la plume d'un membre éminent de l'Académie des sciences et du Bureau des longitudes, travail qui figure en tête des *Notices* de l'*Annuaire* publié par cette dernière compagnie pour l'année 1896.

Il a pour titre : *Les Forces à distance et les ondulations*, par M. A. Cornu. S'il n'y avait dans cette Notice qu'un exposé exclusivement scientifique, notre tâche se bornerait à l'analyser en nous efforçant d'en faire ressortir le mérite ; et c'est à quoi, dans la modeste mesure de nos forces, nous veillerons d'ailleurs à ne pas manquer. Mais à l'exposé scientifique, remarquable comme tout ce qui sort d'une plume aussi autorisée, se mêle et s'enchevêtre d'un bout à l'autre une préoccupation philosophique : celle-ci n'est pas forcément et indissolublement liée aux faits scientifiques, objet principal de la Notice ; elle rentre, en

une certaine mesure, dans un domaine plus général. C'est sur ce point que nous voudrions, quelque péril qu'il y ait à avoir affaire à un aussi redoutable contradicteur, soutenir une opinion différente, laquelle a déjà fait, ici-même, l'objet d'un travail spécial (1).

I.

Commençons par résumer aussi fidèlement que possible le travail de l'éminent académicien. Nous examinerons ensuite si les conclusions d'ordre général, tirées des faits particuliers qu'il décrit, sont suffisamment justifiées pour défier toute contradiction et toute réplique.

L'auteur se propose de retracer l'historique du travail de l'esprit humain, depuis Kepler jusqu'à nos jours, dans la poursuite du problème ainsi énoncé : « Recherche du mécanisme des forces à distance », problème qui se présente sans cesse et sous toutes les formes sur les pas du géomètre, du physicien et de l'astronome. Bien que, d'après le savant membre de l'Institut, la solution depuis trois siècles cherchée ne soit pas encore trouvée, l'heure approcherait, suivant lui, où la découverte de quelque principe décisif nous donnera la notion précise qui doit définir ce mécanisme ou le remplacer. C'est à exposer les résultats déjà obtenus dans cette voie que l'auteur s'est attaché.

Depuis que Newton a découvert la célèbre loi de la gravitation universelle, précisant la notion de forces agissant à travers un milieu inerte qui n'interviendrait point dans la transmission de leur action réciproque, cette notion a été étendue à l'explication de phénomènes très divers, en électricité, magnétisme, élasticité, etc., et généralement vérifiée par l'expérience. Les forces de ce

(1) *Newton et l'action à distance.* REV. DES QUEST. SCIENT., janvier 1893.

genre, étant dirigées suivant la ligne des centres des éléments agissants, sont dites *forces centrales* et se prêtent admirablement au calcul.

Mais l'hypothèse qui se cache sous l'élégant énoncé de la loi newtonienne est, suivant notre auteur, une hypothèse absolument impossible ; il suffirait pour s'en convaincre, pense-t-il, de réfléchir sur les conditions où s'exerce l'action réciproque de deux corps célestes séparés par le vide interplanétaire et sur la répulsion de deux masses magnétiques ou électriques dans le vide du baromètre. D'ailleurs Newton a pris soin de s'en expliquer dans une lettre à Bentley, demeurée fameuse, et dont le savant académicien cite un fragment d'après la citation qu'ont faite de ce fragment Hirn dans sa *Constitution de l'espace céleste* (où, par parenthèse, il nie formellement que l'agent de transmission des forces à distance soit un agent matériel), pages 1 et 2, et M. de Freycinet dans la « Note 1 (1) » à la suite de ses *Essais sur la philosophie des sciences*. Nous aurons à y revenir.

Faraday rejeta, dans l'interprétation des phénomènes électro-magnétiques, l'hypothèse des actions à distance et chercha à démontrer que les forces observées ont leur origine dans le milieu intermédiaire agissant par contact direct ; il fut conduit par là à découvrir, en 1831, la loi de l'*induction électro-magnétique*, d'après laquelle le milieu ambiant est modifié par la présence des courants ou des masses magnétiques, et transmet cette modification de manière à produire un effet sensible dans un conducteur brusquement introduit dans ce milieu : il y produit en effet ce que Faraday lui-même a appelé un *courant induit*.

Cette célèbre expérience porta, d'après notre auteur, « le coup décisif à l'hypothèse *insoutenable* des actions à dis-

(1) Dans cette note, le politicien devenu philosophe, sans se prononcer explicitement, se montrerait toutefois plutôt favorable qu'hostile à la réalité des actions à distance.

tance », remplacée désormais par la considération du milieu ambiant comme étant le siège de la production et de la transmission des forces. Or, ajoute le docte académicien, ce nouveau concept, si bien vérifié par la production des courants induits, « ne doit évidemment pas rester confiné dans le cercle étroit des faits où il a été imaginé ; il est général et doit s'étendre à toutes les forces analogues de la nature, aussi bien dans le domaine infiniment grand de l'espace astronomique *que dans le champ infiniment petit des intervalles moléculaires* ».

Nous avons tenu à reproduire textuellement ce passage et à en souligner même le dernier membre de phrase, vu son importance dans l'argumentation de l'illustre écrivain, dont nous nous occupons plus loin.

Ces principes posés, l'auteur se demande comment les molécules constitutives du milieu ambiant peuvent produire et transporter les actions mécaniques ; et, bien que le problème ne soit pas encore résolu, il estime que l'examen des faits permet de serrer la question de plus près et d'entrevoir la solution comme probablement peu éloignée.

Il est divers modes de transmission à distance. Le savant académicien expose d'abord avec beaucoup d'élégance et de clarté le mécanisme de la transmission des ondes sonores, lesquelles sont *longitudinales*. Au génie de Fresnel est due la conception des vibrations *transversales*, qu'on n'avait pas soupçonnées avant lui, qui fut le point de départ de sa belle théorie optique des ondulations, qui a détrôné la théorie newtonienne des émissions : elle explique en effet très complètement tous les phénomènes qu'expliquait plus ou moins cette dernière, diffraction, réfraction, réflexion, polarisation même, et en outre ceux qui lui étaient contraires, notamment les interférences.

La lumière n'est donc pas matérielle, dit notre auteur, ce qui doit s'entendre en ce sens qu'elle n'est pas corporelle comme le croyait Newton, qu'elle ne se compose pas de corpuscules infiniment petits, lancés à tout instant avec

une vitesse de 80 000 lieues par seconde. La lumière résulte d'un ébranlement du milieu éthéré produit ou excité *par des ondes à vibrations transversales* dont la formation est provoquée par le foyer lumineux. Ainsi, avec la nouvelle théorie, la lumière présentait le premier exemple d'une transmission de mouvement où le milieu ambiant joue un rôle exclusif ; c'était un autre « coup décisif » contre l'hypothèse des actions à distance, d'autant mieux que cette théorie apportait une simplification et une clarté beaucoup plus grande dans l'explication d'un certain nombre de phénomènes d'optique, particulièrement dans celle de la lumière polarisée, surchargée, dans le système de l'émission, dit M. Cornu, d'hypothèses très compliquées.

En même temps se trouvait confirmée d'une manière éclatante l'hypothèse de l'existence de l'éther, attendu que, toutes les propriétés de la lumière se conservant dans l'espace vide, il faut bien que cet espace, vide de matière pondérable et directement accessible, soit cependant rempli d'un milieu élastique capable de propager les vibrations transversales ; ce que vérifient invariablement toutes les expériences de Fresnel relatives aux ondes lumineuses.

Il y a mieux. Grâce aux beaux travaux de Helmholtz, Maxwell, Heinrich Hertz et autres (1), et aux brillantes expériences qu'ils ont instituées, on a constaté d'abord que le facteur de transformation qui sert à passer de l'un à l'autre des deux systèmes d'unités électriques est égal précisément à la vitesse de la lumière, soit 300 000 kilomètres par seconde de temps ; de là, Maxwell fut conduit à vérifier et à généraliser les conclusions de Faraday considérant le milieu interposé comme le véhicule des actions électriques à distance ; d'où cette conclusion que les phénomènes d'induction s'exerçant non seulement à travers l'air et les corps diélectriques mais également à travers le vide, les actions électriques doivent produire dans le milieu

(1) MM. Sarasin, de la Rive, Blondlot.....

éthéré des ébranlements analogues à ceux qui constituent les ondulations lumineuses, soit des vibrations longitudinales ou transversales. Et comme le facteur de conversion des unités électriques est de valeur précisément égale à la vitesse de la lumière, on en conclut que les ébranlements électriques et lumineux sont de même nature, se propagent avec la même vitesse et ont, les uns et les autres, l'éther pour siège.

L'expérience a vérifié l'exactitude de ces inductions. Elle a permis de constater que la source des manifestations électriques est moins dans les conducteurs que dans le milieu *diélectrique* qui les environne. On a pu provoquer dans l'air des ondes électriques offrant toutes les propriétés des ondes lumineuses, pouvant être réfléchies, réfractées, diffractées, pouvant interférer, subir la polarisation rectiligne, elliptique ou circulaire, reproduisant, en un mot, dans l'ordre électrique, tous les phénomènes obtenus par Fresnel, au commencement du siècle, pour démontrer la nature des ondes lumineuses.

On est donc fondé à admettre que les ébranlements électriques dans l'éther libre, soumis aux mêmes lois, animés de la même vitesse que les ébranlements lumineux, sont de nature identique ; ils n'en diffèrent que par une circonstance qui n'a rien d'essentiel, à savoir une période oscillatoire plus lente (1). Mais les actions inductrices n'en sont pas moins ramenées à des ondes à vibrations transversales, ce qui est le point important.

Une obscurité n'est pas encore dissipée cependant. Les forces électrostatiques ou électromagnétiques n'étant pas en jeu dans les phénomènes observés, lesquels ne

(1) Les décharges oscillantes des condensateurs de lord Kelvin, adoptés par feu Heinrich Hertz pour imiter autant que possible, dans le champ de l'électricité, les oscillations lumineuses, ont été rendues par le physicien allemand tellement rapides qu'elles sont arrivées à plusieurs millions par seconde. Mais les oscillations lumineuses dépassent considérablement cette rapidité, puisque, dans le même temps, elles n'atteignent pas moins de 60 *trillions !*

comportent que des éléments dynamiques comme des transformations d'énergie, par exemple, la question se pose de savoir si un milieu peut être un réservoir d'énergie mécanique, et, dans l'affirmative, suivant quel procédé.

L'affirmative est certaine : « un ressort tendu, un corps chaud, un gaz comprimé sont des magasins d'énergie ». En admettant qu'il en soit de même dans le milieu éthéré, Maxwell considère chaque élément de volume d'éther libre comme contenant un petit approvisionnement d'*énergie localisée*, de même qu'il existe de l'énergie localisée dans chaque élément de volume d'un corps pondérable échauffé ou comprimé. Quant à dire par quel procédé, par quel mécanisme chaque élément de volume d'éther détient cette portion d'énergie localisée, c'est, dit M. Cornu, « le secret de la constitution moléculaire que nous n'avons pu encore percer ».

Il suffit aux géomètres de considérer ce milieu élastique (l'éther) « comme *constitué par des points matériels séparés et exerçant des attractions ou répulsions réciproques*, pour retrouver toutes les lois de l'élasticité et la propagation des deux types d'ondes ». Mais, ajoute l'éminent membre du Bureau des longitudes, cette abstraction n'est qu'un symbole « qu'on doit rejeter, *puisqu'il implique la réalité des forces à distance, aussi inadmissible* DANS LES INTERVALLES MOLÉCULAIRES QUE DANS LE DOMAINE FINI », autrement dit, dans le domaine des infiniment petits que dans le domaine des grandeurs appréciables jusqu'à celles, y comprises, qui peuvent être considérées pratiquement comme infinies.

Puis donc que nous n'avons pas la représentation matérielle des énergies mécanique, calorifique, électrique, lumineuse, dont on ne peut cependant nier ni l'existence ni la localisation, il reste à découvrir sous quelles formes elles se trouvent. Descartes avait entrevu la solution par sa théorie des tourbillons, qu'il a eu le tort de trop préciser. Mais c'est en reprenant sa conception que l'on

arrivera, par l'étude rigoureuse des phénomènes naturels et « non par des rêveries métaphysiques », à découvrir prochainement la solution cherchée.

II.

Nous avons résumé de notre mieux le travail de M. Cornu, afin d'être à même d'en discuter les tendances et la conclusion.

Ce travail est avant tout un exposé historique, exposé auquel se mêlent parfois des interprétations qu'on pourrait taxer d'hypothétiques. Puis tout l'ensemble du travail semble révéler chez l'auteur une idée préconçue, une préoccupation (je ne me permettrai pas de dire une « rêverie ») métaphysique qui ne lui laisse peut-être pas une liberté d'appréciation aussi grande que s'il eût abordé son sujet sans autre souci que de nous faire connaître la marche de l'esprit humain, représenté par des hommes de génie, à la découverte des lois qui régissent l'univers.

L'idée préconçue, la préoccupation à laquelle nous faisons allusion ici, n'est autre que la prétendue absurdité, posée *à priori*, des actions à distance, c'est-à-dire agissant sans intermédiaire matériel, quelle que soit d'ailleurs la distance interposée entre les centres ou corps exerçant leur action réciproque.

En effet, dès les premières pages de sa Notice, le savant académicien cite le fameux passage de la lettre de Newton à Bentley, dans laquelle l'illustre astronome se défend de considérer la gravité comme une chose *innée, inhérente, essentielle* à la matière. Mais l'argument d'autorité que l'on peut tirer de ce passage, et sur lequel, il est juste de le reconnaître, l'éminent écrivain ne s'appuie qu'en passant, n'a la valeur qu'on lui prête qu'autant qu'on l'isole et de son contexte et surtout des circonstances qui avaient motivé la lettre de Newton à Bentley. Nous l'avons

nous-même cité, d'après le texte original, dans le travail rappelé au début de cet article, en faisant remarquer que Newton se préoccupait avant tout, dans cette lettre, de renverser l'argument que certains prétendaient tirer, contre l'existence de Dieu, de la théorie du grand astronome sur la gravitation universelle (1). En cette circonstance il faisait de la philosophie, de la théodicée, bien plutôt que de l'astronomie ou de la physique. D'ailleurs la fréquente insistance qu'il met, tant dans son *Optique* que dans le livre des *Principes*, à dire qu'il ne veut pas soulever de discussion philosophique, mais rester sur le terrain des phénomènes en constatant que tout se passe *comme si* les corps s'attiraient en raison directe des masses et inverse du carré des distances, cette insistance prouve qu'il ne voulait pas entrer en discussion à ce sujet avec les métaphysiciens de son temps, mais non pas qu'il considérât comme absurde, intrinsèquement et en soi, un principe qui lui était, et est demeuré pour ses successeurs, un instrument si précieux de découvertes toujours et partout confirmées par le calcul et par les faits.

Assez sur l'opinion de Newton quant à la valeur intrinsèque du principe de la gravitation universelle. Fût-elle celle qu'on lui prête — à tort selon nous, — qu'en faudrait-il conclure ? Que ce grand génie, qui paraît s'être trompé en optique, aurait pu également se tromper sur ce point, sans que d'ailleurs sa gloire en fût diminuée.

Sous l'empire de cette préoccupation que l'hypothèse

(1) Il se préoccupait aussi d'éluder les objections que les Cartésiens, Leibnitz lui-même, opposaient à sa théorie, précisément en arguant de cet *à priori*. Correspondant à la pensée de Newton, Clarke répondait à Leibnitz que, par le terme d'*attraction*, il faut entendre non *la cause qui fait que les corps tendent l'un vers l'autre*, mais seulement l'effet de cette cause, ou le phénomène même et les lois ou proportions suivants lesquelles il se manifeste (Cf. Léopold Mabilleau, *Hist. de la philosoph. atomist.*, p. 442, Paris, Alcan). La question étant ainsi posée, on ne voit pas quel intérêt peuvent avoir les savants, en tant que savants, à se prévaloir sans cesse de la soi-disant absurdité d'un principe si fécond, si utile à leurs recherches et si bien corroboré par le calcul et par les faits.

des actions à distance est « insoutenable » et qu' « il suffit de réfléchir un instant... pour être frappé de l'impossibilité d'une action réciproque sans intermédiaire » de deux masses distantes, le savant écrivain donne, comme première preuve de cette impossibilité, la célèbre expérience de Faraday. Or cette expérience prouve bien que les courants induits agissent par l'intermédiaire du milieu ambiant, mais elle ne nous révèle rien sur la constitution du milieu de transmission, et par conséquent ne prouve pas qu'il n'y ait pas d'actions à *très petites* distances entre les atomes. C'est sans doute pour échapper à cette difficulté que notre auteur ajoute, comme il a été dit aux premières pages du présent article, que cette conception doit être généralisée à tous les cas possibles, aussi bien aux distances infiniment grandes qu'aux intervalles infiniment petits.

Mais c'est là une assertion, une affirmation fondée sur une simple analogie, une interprétation, rien de plus ; ce n'est pas une preuve.

Allons plus loin. Les belles expériences de Fresnel et des savants qui ont suivi la voie par lui ouverte, fournissent, des phénomènes lumineux, une explication élégante, plus rapprochée sans doute de la réalité vraie que celle qui avait précédé. Elle implique un ébranlement ondulatoire du milieu éthéré par vibrations transversales, d'où il résulte que la lumière nous parvient par l'intermédiaire de ce milieu. Les travaux des électriciens, qui ont orienté leurs recherches suivant la direction tracée par Faraday, sont arrivés à une conclusion identique, quant aux phénomènes électriques et magnétiques. On est en droit, par suite, d'affirmer aujourd'hui que le milieu élastique dont est rempli par hypothèse le vide interplanétaire aussi bien que les corps gazeux, liquides et solides qui nous environnent, est le siège et le véhicule d'ébranlements rendus sensibles pour nous sous forme de phénomènes de magnétisme, d'électricité, de chaleur, de lumière.

Tout cela est chose admise, mais ne prouve pas que les géomètres, en se représentant « un milieu élastique comme constitué par des points matériels séparés mais exerçant des attractions ou répulsions réciproques », ce qui suffit à la justesse de leurs calculs, emploient par là « un pur symbole qu'on doit rejeter ».

Pourquoi doit-on le rejeter ? Parce qu'il implique la réalité des forces à distance, répond le très éminent auteur. Mais n'est-ce pas là donner comme preuve ce qui serait précisément à démontrer ?

Nous connaissons trois modes de transmission des mouvements à distance :

1° La *translation* des corps proprement dits ou pondérables, autrement dit les mouvements se rattachant directement ou indirectement à la gravitation universelle, comme, par exemple, l'émission ou le lancement des projectiles ;

2° L'*ondulation à vibrations longitudinales*, dont l'expression la plus fréquente nous est donnée par l'émission et la propagation du son ;

3° Enfin l'*ondulation à vibrations transversales*, qui a fait le sujet principal des développements contenus dans la première partie de cette étude.

Les travaux et expériences sommairement indiqués ci-dessus, d'après l'exposé de notre très honorable et très savant contradicteur, prouvent que les mouvements de cette troisième catégorie nous sont transmis par l'intermédiaire du fluide éthéré, d'une manière analogue, bien que non identique, à celle dont les mouvements du second mode nous sont transmis par le fluide aérien.

Faut-il en conclure que les mouvements de la première catégorie se transmettent, entre les corps sidéraux, de la même manière que ceux des deux autres modes, par des vibrations transversales ou longitudinales de l'éther ? Que la chose soit possible, on ne saurait ni le nier, ni l'affirmer ; on peut le supposer ; en fait on n'en

sait rien. Admettons qu'il en soit ainsi. Nous donne-t-on la preuve que la constitution du milieu élastique appelé éther n'est pas réalisée par des points matériels que sépareraient des distances infinitésimales et qui exerceraient, des uns aux autres, des attractions ou répulsions réciproques ?

Tant que cette preuve ne sera pas fournie et établie sur des bases indiscutables, il n'y aura rien de fait. S'appuyer, pour nier la possibilité d'un tel mode de constitution de l'éther et pour le rejeter, sur ce qu' « il implique la réalité des forces à distances, aussi inadmissible dans les intervalles moléculaires que dans le domaine fini », c'est donner comme acquis ce qui est en question ; cela ressemble fort à ce qu'on appelle en logique, si nous ne nous trompons, une pétition de principe.

Nous admettons bien volontiers que c'est par l'étude rigoureuse des phénomènes naturels, et « non par des rêveries métaphysiques », qu'on pourra arriver à pénétrer un jour le secret du mécanisme de la constitution moléculaire. Mais l'illustre savant est-il bien sûr de n'obéir pas lui-même à une préoccupation métaphysique, quand il nie *à priori* la possibilité d'un état de choses tel, cependant, que tout se passe, il le proclame lui-même, *comme si* cet état de choses était réel?

On ne voit guère, en dehors du concept des points matériels ou atomes séparés par des distances infiniment petites et exerçant les uns sur les autres des actions attractives ou répulsives, que deux hypothèses possibles. Celle de l'action par contact des points matériels, ou celle d'un éther de toutes parts continu en même temps qu'impondérable et parfaitement élastique. La première ne fait guère que reculer la difficulté : deux atomes, dans l'hypothèse, ne se toucheraient que par un point; de part et d'autre de ce point, ils seraient situés dans des lieux différents ; cependant on admet que chacun agit par toute sa masse. La *continuité*, par laquelle on cherche à éluder

la difficulté, est une explication assez vague, obscure même, et conduit à envisager des particules atomiques plus petites. La difficulté se retrouve donc tout entière.

Quant à un éther élastique, impondérable en même temps que continu dans tous les sens et toutes les directions, il revient à la matière continue de Descartes et offre à l'esprit des difficultés bien plus insurmontables encore.

Concluons que le secret de la constitution moléculaire n'est pas encore si près de se laisser pénétrer qu'on pourrait le penser. Le mécanisme de la localisation de l'énergie, cette belle conception de Maxwell, ne se découvre pas encore aux regards investigateurs de la science. Tout est si mystérieux dans la nature que le savoir humain, quels que soient ses progrès, trouvera toujours des limites auxquelles se heurtera sa puissance. En attendant que, découvrant enfin le secret de la constitution intime de la matière, du pondérable et de l'impondérable, il se heurte à quelque limite encore plus reculée, que la limite actuelle l'empêche peut-être de percevoir, il serait sage, semble-t-il, de ne pas proclamer impossible ou absurde une hypothèse qu'ont toujours vérifiée tous les faits et tous les calculs. Et puisqu'il est reconnu que tout, dans la nature, se passe comme si cette hypothèse était vraie, n'est-ce pas là au moins une présomption que, si elle ne l'est pas rigoureusement, il se pourrait que, sur le terrain de l'observation phénoménale, elle fût rationnelle et plausible, point absurde par conséquent ?

C. de Kirwan.

L'AGE DE LA HOUILLE [1]

Le bon La Fontaine dit quelque part :

« Je sais beaucoup de par le monde
A qui ceci conviendrait bien :
De loin, c'est quelque chose ; et de près ce n'est rien. »

C'était, il vous souvient, à propos de fidèles guetteurs : ils avaient pris de simples bâtons pour un ballot, une nacelle, un brûlot, voire même pour un puissant navire.

Singulière coïncidence ! il s'agit dans la fable de bois flottants, et je m'en viens vous exposer comment, selon moi, des plantes flottées ont donné naissance aux gisements houillers.

Cette histoire et sa morale m'ont suggéré d'autres pensées plus graves. Je me suis demandé, avec inquiétude, si, le premier, je n'avais pas à profiter de la leçon. Non pas que mes bâtons flottants courussent le moindre danger ; mais ce fut pour moi-même que la sollicitude me prit.

Ne suis-je pas un point à l'horizon de la mer scientifique ? L'étude des bassins houillers de Belgique, entreprise il y aura bientôt sept ans, et le Musée que j'ai créé, avec l'aide éclairée de tant d'ingénieurs et d'industriels, ne vous ont-il pas apparu indécis dans le lointain brumeux ?

(1) Conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, le mardi 14 avril 1896.

L'intérêt que vous portez à tout ce qui se fait dans le domaine des sciences; la sympathie que vous ressentez pour les plus modestes travailleurs; la grandeur de vos conceptions personnelles, qui vous font entrevoir des plans aussi grands que féconds : tout cela ne vous aurait-il pas fait paraître mes travaux sous un aspect trop flatteur?

Je le crains, Messieurs, et je confesse que j'éprouve un vif besoin d'en appeler à toute votre indulgence. Vous n'avez devant vous qu'un modeste chercheur; vous attendre à plus, c'est vous exposer à devoir redire en sortant d'ici :

« De loin, c'est quelque chose; et de près ce n'est rien. »

Adonné depuis quelques années à peine à l'étude des bassins houillers belges, je ne pourrai guère vous parler avec pleine conviction. Rien n'apprend à douter de soi comme les premiers pas que l'on fait dans la science.

C'est qu'ils sont variés et discrets, les jeux de la capricieuse nature. Lors même qu'on a blanchi à son service, peut-on se flatter de lui avoir arraché ses derniers secrets?

Vous aurez donc, Messieurs, à exercer, en plus de la patiente charité, une discrétion bienveillante. Vous attendez de moi une conférence, mais je ne vous donnerai qu'une causerie, et dans le négligé qui lui est naturel, je pourrai vous faire part de mes théories de l'heure présente. Seront-elles les mêmes encore à l'heure lointaine des conclusions? *Chi lo sa ?*

I. Transportons-nous donc ensemble à quelques milliers de siècles d'ici, et contemplons, à la lumière des sciences géologiques, le tableau qu'offrait la nature des temps primaires. Ce sera la première partie de cette causerie. Je vous en prie toutefois, ne précipitez pas votre jugement : dans la seconde partie, nous nous attacherons à justifier les traits principaux à l'aide desquels nous aurons cru pouvoir recomposer le tableau que nous allons mettre sous vos yeux.

La terre avait fini de briller au firmament. Le refroidissement graduel de sa surface avait formé et définitivement assis l'écorce primitive, qui reçut bientôt les premiers océans.

Leurs eaux, réunies au fond des rides de l'astre décrépit, obéirent sans tarder aux lois que nous savons. Elles battirent les premiers rivages et y déposèrent, ainsi que sur leurs fonds, les sables et les vases, fruits de leurs premiers efforts.

Ne perdons pas de vue que leur droit d'aînesse donna aux mers primitives de singuliers privilèges.

D'abord leurs eaux étaient chargées de principes chimiques dont l'énergie incontestable augmentait d'autant leur puissance érosive. Ces principes, nous les connaissons et nous en devinons l'effrayante quantité par les gisements où ils se fixèrent sous forme de sédiments dans la suite des âges géologiques.

A cette activité chimique s'ajoutait l'activité mécanique. Sous ce rapport cependant, à côté de réels avantages, les eaux marines avaient aussi de sérieuses infériorités.

L'infériorité leur venait d'elles-mêmes. Moindres en quantité — ou mieux en masse, et moins stimulées par le souffle du vent, elles manquaient évidemment d'un appoint dynamique appréciable. L'avantage leur venait des circonstances où s'exerçait leur énergie et qui ne laissaient pas d'être exceptionnellement favorables.

En effet, la croûte primitive du globe refroidi, personne ne la croira lisse et unie. Ce n'est même pas assez de se la figurer rugueuse. Elle était profondément plissée par le ratatinement, et présentait d'ordinaire un aspect fantastique. C'étaient des coulées entrecroisées de lave portant d'ici de là des blocs ou des tables de granites, témoins des efforts réitérés du feu, jaloux de son domaine.

Quel beau champ d'action pour l'eau des premiers jours! L'érosion s'exerçait alors comme maintenant en raison

directe de la surface de contact. Or moins profondes, plus étendues, plus morcelées pourtant, les mers n'étaient pour ainsi dire nulle part oisives. Les fonds subissaient souvent l'usure par le frottement des eaux en mouvement.

Les côtes des îles et des îlots, multipliées par les poussées éruptives d'une part et de l'autre par les plissements de la croûte terrestre, présentaient une surface admirablement étendue, et l'eau pouvait exercer sans relâche sa dent aussi impitoyable que fugitive.

D'autre part la température était encore élevée. Il se faisait un intense et continuel échange d'eau entre la terre et l'atmosphère, et les pluies torrentielles qui en résultaient venaient activement grossir le butin des océans.

Elle est donc bien vieille cette œuvre d'impitoyable égalisation. Transportée dans la politique, l'idée du nivellement universel n'a fait que changer de domaine... Mais trêve d'allusion aux actualités : « *Non est his locus.* » Nous n'en parlons que pour expliquer la naissance des premières terres.

Le cadre d'une causerie ne nous engage pas à assister au détail de cette naissance. Qu'il nous suffise d'un coup d'œil sur les premiers âges afin de parvenir plus lestement au carboniférien qui devra nous attarder davantage.

Ses devanciers sont le précambrien, le silurien et le dévonien. Pendant leur durée se fera encore remarquer l'action érosive des agents météoriques. Aidée par les diverses manifestations du feu intérieur, elle va édifier les continents et en disputer pied à pied la possession aux mers jusques alors omnipotentes.

En harmonie avec cette évolution du monde physique, la vie va apparaître et se répandre. D'abord exclusivement aquatique, elle ira ensuite se diversifiant. Chaque être nouveau accusera de plus en plus nettement le départ entre les milieux marins, côtiers, saumâtres ou terrestres qui le verront éclore.

Il est donc à croire que les terres se trouveront suffi-

samment vastes et profondes pour donner une féconde hospitalité à la luxuriante végétation de l'époque nouvelle.

Durant la période carboniférienne, dont la formation houillère occupe la seconde moitié, les êtres vivants vont croître en nombre et en variété. Mais les animaux comptent encore des ennemis implacables dans l'air atmosphérique, leur principal soutien. Ce sont mille principes défavorables à la respiration pulmonaire, parmi lesquels l'acide carbonique mérite une mention tout à fait spéciale.

Il faudra qu'un prodigieux développement de végétations successives vienne purifier l'atmosphère et permettre à la vie de marcher à son plein épanouissement. C'est la *distillation de l'air* par la plante qui constitue la caractéristique de l'âge carboniférien. Continue et étonnamment intense à l'époque houillère, cette action du règne végétal rendra notre globe parfaitement habitable pour le moment où les continents seront constitués et affermis.

Saluons ici avec une religieuse admiration une de ces harmonies sublimes du grand œuvre de la création. La vie animale, dès son aurore, se trouve liée à la vie végétale par un enchaînement admirable. Elle qui lui devra de tout temps son aliment fondamental, elle lui doit aussi d'avoir triomphé des obstacles qui rendaient impossibles ses premiers pas.

Et, d'autre part, le mécanisme des causes mises en jeu dans ce but régénérateur créera pour l'homme une source inépuisable d'énergie et de bien-être : le charbon minéral.

Arrivé au cœur du sujet, les traits généraux ne peuvent plus suffire. Regardons la terre d'alors, la forme de ses continents, le régime de ses eaux et son climat, afin de pouvoir assister de plus près à la formation de la houille.

Que nous dit la géographie carboniférienne ? Les continents avaient-ils déjà la figure que nous leur connaissons aujourd'hui ? Loin de là ; les terres ne présentaient pas de vastes étendues émergées. On ne voyait que des îles,

sans doute grandes et majestueuses, mais qui ne méritaient pas d'être appelées continents.

C'était la plupart de nos grandes chaînes de montagnes dont l'âme est du granite ou de la granulite. Ils se dressaient fiers et hauts, ces massifs éruptifs, et descendaient en pente assez brusque vers la mer.

Tantôt leurs flancs à pic battus directement par l'océan donnaient à ce dernier l'occasion d'exercer son action destructrice ; tantôt la constitution des rivages et les conditions des eaux permettaient le développement de la vie marine ; en d'autres points enfin, une terre à l'allure moins abrupte, arrosée par des fleuves moins torrentueux, facilitait la formation d'appareils côtiers qui pouvaient bientôt couvrir de vastes étendues.

C'est dans ce milieu que vont se former la plupart de nos bassins houillers actuels.

La constitution physique des versants plus réglés de certaines îles carboniériennes permettait donc l'établissement d'un régime hydrographique favorable au développement du règne végétal.

Au nombre de ceux-ci se trouvait sans contredit le bassin hydrographique septentrional d'une terre ferme qui devait s'étendre, sans interruption notable, de Westphalie en Angleterre, en passant par la Belgique. La ligne de faîte courait au loin en suivant le Hartz, les Ardennes et le massif anglo-normand. De ces sommets, les altitudes s'abaissaient graduellement jusqu'à l'océan pour finir par un large appareil côtier. Le sol de la plaine, ou plus exactement du versant, l'œuvre des temps dévoniens, était arrosé par des eaux nombreuses qui aidaient à la croissance des forêts gigantesques et fantastiques de l'époque houillère.

A force de cheminer, les ruisseaux devenaient alors aussi des rivières et des fleuves.

Ces fleuves, puissants mandataires d'un versant aussi

étendu et aussi bien irrigué, coulaient presque parallèlement. Et les dimensions des embouchures voisines obligeaient les fleuves à enchevêtrer leurs bras et à mêler parfois leurs eaux.

Voilà le régime continental.

Qu'en était-il des conditions climatériques ? Tout nous indique qu'à cette époque la terre jouissait encore d'une température que doivent à peine connaître de nos jours les pays tropicaux. Le soleil n'égayait pas encore les paysages de la profusion de sa lumière, car la grande quantité des nuages et l'intense humidité de l'air ne facilitaient pas l'accès de ses rayons, ce qui nous fait pressentir des pluies aussi fréquentes que diluviennes. Bien que légendaires, les pluies des moussons de nos zones torrides ne doivent être que de faibles images de celles qui sévissaient à l'époque houillère.

Si le climat n'était guère délicieux, l'aspect de la nature n'avait pas encore atteint l'harmonie définitive que le Créateur voulait voir régner dans le palais qu'Il préparait à l'homme.

« Le caractère de la végétation houillère, dit de Saporta, était la profusion plutôt que la richesse, la vigueur plutôt que la variété... C'était une association de grandes et élégantes fougères, au-dessus desquelles se dressaient des troncs nus ;... la cime seule de ces végétaux était couronnée d'un feuillage menu, raide et piquant, qui garnissait l'extrémité des dernières ramifications (1). » « Il n'y avait alors, ajoute M. de Lapparent, rien d'analogue aux formes gracieuses et variées de nos arbres à feuillage caduc. Les fleurs aux teintes vives et brillantes n'étaient pas là pour égayer le paysage, et former un agréable contraste avec la sombre verdure de l'époque (2). »

(1) G. de Saporta. *Le Monde des plantes avant l'apparition de l'homme*, p. 45.

(2) A. de Lapparent. *Traité de géologie*, 3e édit., p. 825.

En effet, les empreintes végétales des roches houillères témoignent bien plus de l'incalculable multiplicité des individus que de leur variété spécifique. Ils n'appartiennent tous qu'à cinq familles de cryptogames dont trois seulement sont en relation de parenté avec la flore actuelle. Les Fougères ont le moins dépéri, bien entendu si on les observe sous les tropiques. Les Équisétinées et les Lycopodinées, aux troncs gigantesques, ne se reconnaîtraient plus elles-mêmes dans leurs chétifs rejetons. Faute de connaître leur haut et antique lignage, le promeneur les foule tous les jours inconsciemment aux pieds.

Les Sphénophyllées et les Cordaïtées enfin restent absolument limitées à l'époque houillère. Elles sont au nombre de ces êtres dépourvus de généalogie dont chaque époque géologique compte quelques types mystérieux.

« Le chant des oiseaux, continue M. de Lapparent, ne se faisait pas encore entendre dans les airs ; à peine quelques amphibies, nouveaux venus sur le globe, se hasardaient-ils hors des marécages, et l'atmosphère, lourde et humide, fortement chargée d'acide carbonique, était sans doute moins agitée que de nos jours ;... un morne silence enveloppait donc la terre, et rien aujourd'hui, si ce n'est peut-être la visite de quelques forêts de Fougères et d'Araucarias de la Nouvelle-Zélande, ne peut plus nous donner l'idée de ce que devait être la tristesse et la monotonie des continents carboniférien (1). »

Enfin, signalons avec M. Briart qu'au milieu du bruissement du vent dans les feuilles, l'oreille attentive aurait saisi les cris stridulants et le battement d'ailes des insectes, modeste présage des harmonies futures du monde animé (2).

Avant de continuer et d'assister au changement du

(1) A. de Lapparent. *Op. cit.*, ibid.

(2) A. Briart. *La Formation houillère.* Extrait des BULL. DE L'ACAD. ROYALE DE BELGIQUE, 3e série, t. XVIII, p. 847.

végétal en houille, l'état même de la question scientifique nous oblige à ouvrir une parenthèse.

On sait que les sédiments constitutifs de l'horizon houiller peuvent être divisés en deux parties nettement distinctes. D'une part les roches stériles, schistes, psammites ou grès, et d'autre part la houille, se présentant sous forme de couches intercalées entre les premières, à distances plus ou moins réglées.

Pour l'élément stérile, on peut dire que les géologues s'accordent à lui reconnaître l'origine ordinaire des sédiments.

C'est l'action convergente des eaux maritimes et fluviales, aidée du concours des autres agents naturels, qui est considérée comme responsable.

L'accord des géologues n'existe plus quand il s'agit des lits de houille. Ici, deux écoles sont en présence : l'une défend la formation sur place, l'autre la formation par transport.

Les partisans de la formation sur place veulent que les plantes aient vécu là-même où nous les retrouvons à l'état de houille. La houille, cette roche d'aspect si nouveau et si unique, semble pour eux devoir se réclamer d'une cause également nouvelle et singulière.

Manière de voir qui veut trouver un appui et peut-être même une confirmation dans les tourbières d'aujourd'hui.

Depuis que l'origine végétale de la houille n'est plus discutable, si ce n'est pour quelque docteur ès-imaginations (1), ne semble-t-il pas simple et logique d'en appeler aux causes actuelles pour évoquer celles du temps jadis ? C'est ce que M. de Lapparent a spirituellement appelé « *la fascination des causes actuelles* (2) ».

(1) G. Schmitz, S. J. *La Houille est-elle une roche éruptive ?* REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1895, pp. 212-222.

(2) A. de Lapparent. *L'Origine de la houille.* Extrait de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, juillet 1892, p. 8.

Malheureusement les causes qui édifient nos tourbes n'existaient pas et ne pouvaient exister à l'âge carbonifférien.

Sous le régime de l'isothermie tropicale, la terre ne connaissait nulle part le climat du nord, et les végétaux turbogènes n'avaient pas encore vu le jour.

Il faut avouer toutefois que la simplicité de la conception la fit préférer. Longtemps elle jouit d'une vogue qu'on osait à peine lui disputer.

Aujourd'hui des faits nouveaux sont venus l'ébranler et ont ramené à l'ancienne théorie : c'est elle que nous voudrions essayer de vous exposer maintenant.

Deux points sont essentiels à la formation par transport.

D'abord, que les éléments constitutifs des sédiments houillers, tant organiques que minéraux, aient été charriés par les eaux à la place de leur gisement actuel. Ensuite, que les plantes aient été changées en houille par une action chimico-physiologique, avant leur enfouissement définitif parmi les alluvions.

Cette conception théorique, hâtons-nous de le dire, ne nous appartient pas en propre.

La géologie en doit la vigoureuse renaissance à d'éminents savants français, MM. Fayol et Grand'Eury, dont M. de Lapparent s'est fait l'éloquent et lucide avocat.

Malheureusement l'étude des faits ne nous permet pas encore de suivre exclusivement, pour les bassins houillers belges, l'une ou l'autre de ces conceptions. Nous reviendrons même à certaines idées de la formation sur place, auxquelles M. Briart, l'un des plus illustres vétérans de la science belge, a donné un vrai renouveau.

« Indiqué par l'expérience, disions-nous devant le Congrès international des catholiques réuni à Bruxelles, cet éclectisme devrait aussi s'imposer par la simple considération de la nature. Féconde en effets, elle l'est plus

encore en moyens efficaces. Rien d'aussi complexe que son action. Comment donc vouloir que notre esprit impose arbitrairement à la nature un choix entre les moyens nombreux qu'elle peut mettre en œuvre ? C'est pousser trop loin l'amour de la simplicité que de vouloir comprendre dans une formule presque exclusive le jeu souvent capricieux des causes physiques (1). »

Cette restriction aux idées de la formation par transport, nous croyons devoir l'apporter avec moins de réserves encore que M. de Lapparent (2). Nous aurons d'ailleurs l'occasion d'y revenir.

Maintenant que nous savons les prétentions des deux principales écoles, nous pouvons prendre la description des phénomènes où nous l'avions laissée.

A la faveur d'un climat aussi exceptionnel, les terres carboniférienne s'étaient donc couvertes de végétation. Le pied dans un sol abondamment arrosé et fécond, la tête dans un air chaud et nutritif, la plante se développait avec une telle activité qu'elle n'accusait même pas dans sa texture la succession d'étapes diverses. La paléontologie végétale nous a fait toucher du doigt cette homogénéité parfaite du tissu des plantes de l'époque houillère.

A l'infatigable continuité de la croissance s'ajoutait une rapidité telle que de Saporta a pu écrire : « C'était de toutes parts des jets effrayants, des productions improvisées, des poussées subites, élevant des colonnes vertes dont le rôle était aussi éphémère que la fermeté peu assurée. La plupart des tiges carbonifères, creusées ou gonflées de moelle à l'intérieur, succombaient par l'exagération même de leur croissance (3)... »

Pareille végétation était bien faite pour étendre sur le

(1) G. Schmitz, S. J. *Projet d'étude des bassins houillers belges.* Compte-rendu de la septième section, p. 156.

(2) A. de Lapparent. *L'Origine de la houille,* pp. 45 et 46.

(3) de Saporta (*in* de Lapparent), REVUE DES DEUX-MONDES, t. LIV, p. 684.

sol et pour y entretenir une épaisse couche de matières ulmiques. Le régime intense auquel était soumis d'autre part le ruissellement empêchait ces matières de s'éterniser sur place.

Sans cesse donc les végétaux naissent et meurent, et les eaux déblayent sans cesse la place pour aller porter au loin le produit de leur érosion. Ce produit, emporté par le filet d'eau, va au ruisseau, le ruisseau le porte à la rivière, celle-ci au fleuve, et celui-ci enfin le dépose parmi ses alluvions.

Selon que le courant était plus ou moins violent, l'eau apportait des limons, des sables, des graviers de grosseur variée. A l'alluvion minérale s'ajoutaient, en proportion très forte, à l'époque houillère, les dépouilles des forêts de la terre ferme, si bien appelées *alluvion végétale*.

De densités différentes, ces matériaux avaient déjà subi, par le fait même de leur long voyage en eau courante, un premier classement. Il allait se perfectionner sur la côte, en superposant la couche végétale aux sédiments minéraux. Ce classement automatique se répétera après chaque apport nouveau, dans la mesure même du repos que lui accordera l'activité fluviale.

Un fait vient ici compliquer le phénomène de l'enfouissement. On sait combien sont instables les bouches des fleuves, et combien est inégale l'activité des branches voisines l'une de l'autre. Il s'ensuivra d'abord que, après avoir édifié un atterrissement, la branche du fleuve ira tantôt reprendre son œuvre après un déplacement latéral, et que tantôt elle se départira de son activité, à l'avantage d'une voisine auparavant moins favorisée. De là l'aspect lenticulaire enchevêtré, si nettement accusé dans la formation houillère.

En d'autres termes, les diverses branches des fleuves apportent chacune, selon leurs caprices, de puissantes alluvions qui se juxtaposent à des intervalles plus ou moins considérables. La mer, travaillant de son côté par

ses vagues ou par des incursions, s'attache à étaler ces dépôts sur de vastes étendues. L'apparence pourra donc être trompeuse et faire voir la continuité horizontale là où la succession verticale s'est compliquée d'une juxtaposition assez réglée.

Un autre effet du vagabondage des bras des fleuves, c'est le changement de régime des terres envahies ou abandonnées par les eaux. A ces changements de milieu correspondent, comme toujours, des modifications dans le développement de la vie. Tantôt fluviale, tantôt saumâtre, tantôt marine, la faune suivra les conditions qui lui seront faites. Tantôt même il se pourra que les plantes s'établiront là où naguère se traînait le mollusque ou bien nageait le poisson.

Pas n'est donc besoin de recourir à un jeu de bascule de la côte pour permettre aux différents règnes d'avoir tour à tour la libre jouissance d'un même emplacement.

Il ne nous faudra pas davantage imaginer des émersions et des immersions successives afin de permettre aux centaines de couches de nos bassins de se former. Pour justifier ce fait, il suffira d'attribuer aux terres basses un faible et régulier mouvement d'abaissement absolu ou relatif. La terre, d'autre part, en accentuant son refroidissement et sa consolidation, et les airs en se rassérénant, auront aidé le niveau des mers à croître dans une gradation proportionnelle.

La formation houillère est en train : laissons-lui le temps de s'épanouir et d'achever, sous l'œil de la Providence, son œuvre grandiose et humanitaire.

A propos du temps, remarquons toutefois, en passant, que la théorie de la formation par transport a le grand avantage de réduire à des proportions moins fantastiques le nombre de siècles que doivent exiger pour la même fin les partisans de la formation sur place.

II. Comme vous venez de l'entendre, Messieurs, nous avons essayé, dans cette première partie, une esquisse des phénomènes dont la terre fut le théâtre à l'époque houillère.

Seulement il y a lieu de craindre que des esprits sérieux ne voient dans notre travail plus d'imagination que de science. Force nous sera donc d'abuser de votre trop obligeante attention, et de revenir sur nos pas pour baser sur l'observation nos principales vues théoriques.

Comme il ne pourrait nous incomber de faire un traité de géologie générale, on nous permettra de nous borner, dans cette seconde partie, à la justification de certains points auxquels nous attachons plus d'importance. Ils se réduisent à cinq.

Et d'abord faudra-t-il de longs discours pour démontrer qu'à l'époque relativement primordiale de la formation houillère, les continents, qui ne venaient que de surgir, n'avaient encore ni l'extension ni l'assiette qu'il ont acquises aujourd'hui ?

L'étude de la période primitive et du commencement de l'ère primaire signale l'apparition de massifs éruptifs sans doute élevés, mais qui doivent attendre l'action érosive de l'atmosphère et des eaux pour s'étendre et se fondre en masses continentales.

Ce fait justifie par lui-même la conception du relief accentué des terres émergées de l'époque houillère, et des conclusions qui en sont déduites. Car un massif relativement élevé qui manque d'ampleur doit présenter des versants abrupts, nourrissant des eaux plutôt actives.

Mais de là découle une autre de nos hypothèses qui peut-être se trouve plus rarement exprimée.

La terre ferme couvrant moins d'espace, les océans en couvrent davantage, et partant leur profondeur diminue. Diminution qui, malgré l'énorme différence de densité entre l'eau liquide et sa vapeur, se trouve cependant

accrue par l'extraordinaire humidité de l'air. Car une énorme enveloppe de brouillards et de nuages entourait la terre à l'époque carbonifférienne. Et l'atmosphère était capable d'une forte saturation, à cause de la chaleur encore rayonnante de la terre et de la chaleur obscure du soleil retenue captive par les nuages mêmes.

Ce terme de l'évolution physique du globe établi, examinons les points essentiels de la formation par transport que nous n'avons fait qu'affirmer plus haut.

Vouloir que les plantes aient crû à la place même où l'on trouve aujourd'hui leurs restes à l'état de houille, ce serait tenir peu compte des faits. On doit à M. Grand'Eury de savoir que l'accumulation des débris végétaux posés à plat, tel qu'on le voit dans la houille du Plateau Central, ne peut être que l'œuvre évidente de l'eau courante.

Contesté pour les formations marines, ce même fait a été confirmé par M. Renault pour le bassin anglo-westpalien, s'il se peut avec plus d'évidence. En effet, la houille de ces gisements présente au microscope — et même quelquefois à l'examen macroscopique — une pâte amorphe. Ce sont les matières ulmiques minéralisées et qui contiennent, comme en suspens, des débris de plantes aussi houillifiés mais encore reconnaissables. La pâte amorphe, c'est la « purée végétale » de Saporta, déjà préparée au pied des forêts houillères ; et les débris sont les organes végétaux plus résistants, ou simplement mieux conservés, témoignant par leur état fruste et déchiqueté des dégradations propres à un charriage long et violent.

Il y a dans notre bassin belge un autre fait, témoin manifeste d'un transport, d'après M. Briart lui-même (1). C'est la présence de cailloux roulés et de galets dans les couches de houille.

De nombreuses et récentes trouvailles nous persuadent

(1) A. Briart. *Op. cit.*, pp. 840 et 841.

de plus en plus qu'on amoindrit (1) la fréquence, et partant la portée du phénomène. Il n'est pas d'une rareté exceptionnelle, et peu d'horizons en sont dépourvus. Seulement il faut une observation patiente, qui ne prenne pas trop vite toute pierre pour des concrétions de pyrite ou de sidérose. Et encore des études ultérieures pourraient-elles bien donner une signification géogénique analogue à celle des galets proprement dits, à ces concrétions elles-mêmes.

Les circonstances nous obligent de toucher ici un mot des *troncs-debout*, si souvent et si triomphalement invoqués par les partisans de la formation sur place.

Nous appelons ainsi des végétaux occupant la station verticale par rapport au sens de la stratification. *A priori*, nous le voulons bien, l'argument semble décisif. Mais le raisonnement *à priori* est en contradiction avec les faits.

Nos observations nous ont montré que beaucoup, disons même la plupart des *troncs-debout*, des bassins houillers de Belgique, sont plutôt en faveur de la formation par transport.

Jamais ni la cime, ni la souche du végétal ne pénètre dans la *veine*. C'est ordinairement le lit de roche charbonneuse, que le mineur appelle *faux-toit* ou *faux-mur*, qui arase et délimite nettement les cylindres des arbres pétrifiés. Elles sont même rares les souches du *mur* qui semblent adhérer à leurs racines. Nous n'avons pu signaler que deux cas assez concluants (2), tandis que tous les autres présentent des caractères irrécusables de transport.

Une découverte récente semblait promettre un appui

(1) G. Schmitz, S. J. *A propos des cailloux roulés du houiller*. BULL. DE LA SOC. GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XXI, pp. LXXI-LXXV.

(2) G. Schmitz, S. J. *Une souche d'arbre au mur d'une couche*. ANN. DE LA SOC. SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. XIX, 1re partie, pp. 21-25. — Idem. *Trois souches d'arbre au mur de la veine Castagnette*. ANN. DE LA SOC. GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE. Procès-verbal du 16 février 1896, pp. LXXI et LXXII.

nouveau et sérieux à la formation sur place. Il s'agissait de trente-trois *troncs-debout* répartis environ comme le ferait la nature pour permettre aux arbres de vivre et de s'épanouir.

Cela même n'a pas suffit. Un examen attentif a montré à l'évidence, et nous avons en l'honneur de le développer devant l'Académie des sciences (2), que ces arbres ne se trouvent pas à la place où ils ont vécu.

Le second point capital de la formation par transport, mis en lumière par les belles études de M. Fayol, c'est que les débris végétaux mettaient fort peu de temps à se changer en houille.

La rapidité de la transformation se trouve naturellement déduite de l'existence de cailloux de houille, et de houille bien constituée, appartenant à la base même de la série dont le conglomérat occupe le sommet. Il faut bien, si cette houille de formation récente a été capable de supporter les violences que subissent les éléments constitutifs d'un conglomérat, il faut bien qu'elle ait atteint l'état de sédiment parfaitement minéralisé avant son arrachement et son voyage violent.

M. Renault comprit l'importance de la conclusion, et s'attacha à montrer que la macération qui se fait dans la vase des marécages répond aux exigences de la chimie. Car la fermentation microbienne de la matière végétale tendrait à appauvrir la cellulose en acide carbonique et en hydrogène proto-carboné. Commencée dans l'eau, cette macération se serait perfectionnée après le dépôt et se serait achevée par la déshydratation, grâce à la porosité des sédiments qui comprimèrent le lit végétal.

Est-il douteux, après cela, que la science nous permette, pour le moins, de raccourcir les siècles que la formation sur place nous obligeait à aligner par milliers?

(1) G. Schmitz, S. J. *Un banc à troncs-debout aux charbonnages du Grand-Bac.* Bull. de l'Acad. roy. de Belgique.

La houille mérite donc d'être appelée une alluvion proprement dite, aussi bien en considération de son charriage qu'eu égard à son enfouissement simple et rapide.

On nous en voudrait à bon droit si nous omettions de signaler ici — ne fût-ce qu'en passant — que M. Fayol recourut, pour le triomphe de sa cause, à une arme de choix : l'expérience. Elle le paya largement de ses peines en confirmant jusqu'aux moindres détails de sa conception.

Passons au troisième fait.

Dans une savante analyse des théories qui se disputent la vérité sur la formation de la houille, M. Firket (1), ingénieur en chef-directeur des mines, reproche à M. Fayol de ne pas « expliquer suffisamment le degré de séparation, assez imparfait cependant, qui existe entre les matériaux constituant les différentes strates ».

Nous ne saurions nous associer à cette critique.

D'abord notre persuasion est que, dans le houiller pas plus que dans tout autre terrain, la transition d'un sédiment à un autre n'est pas ordinairement brusque. Il est rare, n'est-il pas vrai, de voir un banc de grès, nettement caractérisé, reposer immédiatement sur un banc de schiste proprement dit. Règle très générale, la roche passera graduellement par diverses nuances intermédiaires, avant de s'arrêter franchement au facies nouveau, si minces d'ailleurs que vous supposiez leurs bancs.

Ce fait des passages sans transition quelconque, les « *saltus* » de Linné, est une anomalie dans la nature entière, aussi bien organique qu'inorganique. Faudrait-il donc demander à une théorie générale l'explication d'un fait qui ne peut être qu'exceptionnel ? Car il est même exceptionnel pour les lits de houille. L'étude faite sur

(1) A. Firket. *L'Origine et le mode de formation de la houille.* Extrait de la REVUE UNIVERSELLE DES MINES, 3e série, t. XXVI, p. 39.

place de quantité de couches, grandes et petites, ne nous a amené que rarement et localement à constater le contraire.

D'ailleurs le classement des matériaux par l'eau courante ne saurait, dans les conditions ordinaires, séparer nettement chaque espèce de roche par une ligne mathématique.

Quand la position normale d'une couche est connue, le mineur donne le nom de toit au banc rocheux qui repose sur elle et celui de mur au banc qui la supporte. Eh bien, ce qui trompe, pensons-nous, dans l'appréciation du phénomène, c'est le décollement que présente l'ensemble du lit charbonneux par rapport aux bancs encaissants. A considérer nos observations de tout à l'heure, ce décollement ne proviendrait pas du mode de formation.

Plusieurs hypothèses se sont offertes à nous ; voici celle qui a notre faveur pour le moment. Les gaz qui se dégagèrent par l'achèvement de la formation de la houille ne purent, par leur constitution moléculaire, rester inactifs dans leur prison. Pris entre des roches difficilement perméables, sous des pressions et des températures variables et souvent croissantes, leur nature même dut les mettre en mouvement. Cette action pourrait fort bien expliquer l'arasement apparent des couches de houille ; d'autant plus qu'il est compliqué d'une remarquable polissure des parois, dont l'explication ne pourrait pas se trouver dans le seul frottement des roches. Ce poli des parois se remarque encore sur les lèvres des cassures relativement anciennes. D'ailleurs, tout saturé d'hydrocarbures gazeux impatients de trouver quelque issue, l'horizon houiller est bien fait pour appuyer cette supposition.

Après tout cela, Messieurs, vous vous étonnez, sans doute, qu'admirateur et partisan de la théorie de M. Fayol, nous ayons évité avec tant de soins d'employer le terme de delta.

C'est qu'il y dans les bassins houillers belges un fait sur lequel nos observations nous ont ramené à diverses reprises, et que nous ne parvenons pas, malgré nos efforts, à mettre en harmonie avec la théorie des deltas. Ce fait, c'est que « la flore caractéristique et ordinaire du mur des couches de houille est constituée par la *Stigmaria* (1) ».

La *Stigmaria* est, tout le monde en convient, un organe végétal souterrain ; les uns la gratifient d'une vie autonome, les autres l'attachent au tronc des Lycopodinées de l'époque.

« Ces rhizomes caractéristiques, et uniquement caractéristiques du mur des veines, y sont manifestement *in situ*, c'est-à-dire qu'ils serpentent naturellement à travers la boue pétrifiée, portant toujours leurs radicelles divergeant bien parallèlement en tous sens autour » de l'axe. « Nous croyons devoir conclure que ces racines qui, pétrifiées, semblent encore en quête des sucs nourriciers, sont les témoins irrécusables de périodes de formation sur place (2). »

Les faits encore nous obligent à croire cette formation sur place plus étendue et plus accusée que M. de Lapparent semble nous l'accorder. Car les bancs à *Stigmaria* s'étendent sous la presque totalité des couches de houille. Ils le font même avec tant de constance qu'on les considère couramment comme les avertisseurs infaillibles de la présence des lits de combustible. Bien plus, grâce à l'apparition de ces végétaux au toit d'une couche, il nous est arrivé maintes fois de reconnaître la proximité même accidentelle d'une autre couche, qui souvent ne mesurait que quelques centimètres.

Précisons cependant : nous ne voulons nullement étendre

(1) G. Schmitz, S. J. *Le Mur des couches de houille et sa flore.* ANN. DE LA SOC. GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XXII, p. 17.

(2) G. Schmitz, S. J. *A propos des cailloux roulés du houiller.* ANN. DE LA SOC. GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XXI, p. LXXV.

la formation sur place aux sédiments où serpentent ces rhizomes. Comme aux autres sédiments stériles, nous leur reconnaissons la formation par apport. Nous prétendons seulement que tout semble indiquer que les *Stigmaria* ont vécu de leur vie là où nous les trouvons, dans les conditions décrites plus haut.

Voici notre perplexité qui s'accroît.

Tout en trouvant un peu rigoureuse la critique que M. de Lapparent fait des ruissellements complaisants de M. Grand'Eury (1), nous croyons toutefois devoir nous y rallier pour le fond.

Mais si, de ce chef, nous n'admettons pas les conditions lagunaires des bassins houillers, force nous sera d'en venir aux deltas de M. Fayol. Et que deviennent alors nos formations sur place ?

A moins d'admettre que les *Stigmaria,* ces végétaux mystérieux, se développaient sous les eaux, dans les sédiments rejetés sur les cônes des deltas (2) ; ou bien de croire que des îles entières, de plusieurs hectares de surface, descendaient le cours majestueux des Amazones ou du Mississipi carboniériens, retenant ainsi autour des racines la boue nourricière !

Ces deux suppositions sont peu défendables, sans parler de l'invraisemblable dimension des îles charriées (3).

(1) A. de Lapparent. *L'Origine de la houille,* pp. 19 et 20.

(2) Cette supposition est improbable à un autre titre. D'après elle, les bancs à *Stigmaria* seraient les témoins des périodes de repos pour l'activité alluvionnelle. La période d'activité suivante aurait donc dû agir à l'encontre des lois de la densité, puisqu'elle aurait déposé au bas de son apport la houille, c'est-à-dire l'élément le moins dense.

Nous ne pouvons nous le dissimuler : notre propre manière de voir rencontre une objection analogue, ou du moins elle oblige à un départ peu naturel entre l'alluvion végétale et l'alluvion minérale.

De récentes observations, espérons-nous, seront bientôt confirmées et nous permettrons de fixer le point difficile de la théorie géogénique du houiller.

(3) G. Schmitz, S. J. Ann. de la Soc. scientifique de Bruxelles, t. XVIII, 1re partie, pp. 109-111.

Il faut savoir que les bancs à *Stigmaria* ne sont autre chose que le *mur* géologique des couches de houille. Or, celui-ci se trouve la plupart du temps immédiatement en dessous d'un lit charbonneux. Superposition stratigraphique qui nous obligerait donc de croire que le classement rigoureux, qui s'opérait dans le delta, amenait toujours mathématiquement ce genre de roches à la limite de la houille, si peu puissante qu'elle fût, et de tout autre sédiment.

Contredite souvent en fait, cette densité également complaisante se réfute d'elle-même *à priori*.

Une ingénieuse supposition, dont M. Firket (1) a doté la géologie belge, nous rendrait ici un signalé service en conciliant sans trop d'efforts les deux tendances de nos vues théoriques. Elles s'honoreraient ainsi d'un nouveau lieu de parenté.

M. Firket explique l'existence de la faille eifélienne par celle d'une fracture plus ancienne à laquelle elle se serait superposée pour en continuer l'œuvre (1re hypothèse). La faille silurienne du Champ-d'Oiseaux, inverse à la première, serait, comme elle, ancienne, et en rapport avec la fracture profonde (2me hypothèse). Enfin à cette dernière s'ajouteraient une série de failles parallèles semblables à elle pour l'âge et pour l'action (3me hypothèse).

Ce système de failles pourrait expliquer assez aisément un mouvement sur une bonne partie du bassin franco-belge, mouvement que la théorie règlerait selon ses besoins.

Seulement force nous est d'avouer qu'il nous sourit peu de nous mettre à l'abri d'un édifice construit sur le sol trop mouvant des hypothèses multipliées. Avant de nous y hasarder, nous voudrions voir repérer ces conjectures par quelques points sur la longueur du bassin westphalo-anglais, qui semble avoir joui de conditions de formation fort analogues. Confirmation qu'il sera sans doute difficile

(1) A. Firket, *op. cit.*, pp. 42 et suiv.

d'établir après les belles et récentes études de M. le chanoine de Dorlodot (1).

D'ailleurs nous avons quelque difficulté pour y adhérer même localement.

La faille eifélienne est-elle, oui ou non, contemporaine de la formation houillère ?

Antérieure, elle ne peut l'être, si ce n'est par l'aptitude qu'elle a eue de se former, grâce à la fracture profonde *supposée* par M. Firket.

Si elle est, à proprement parler, contemporaine, et si sa marche suit à point nommé l'accumulation des sédiments houillers, comme le plateau de balance s'infléchit sous la charge croissante, il y a deux alternatives.

Ou bien les strates se sont déposées presque à plat, et alors nous ne saisissons plus les formes qu'elles ont prises en vertu du mouvement orogénique subi postérieurement à leur dépôt horizontal. Ou bien ces strates ont affecté une forme plus compliquée, celle d'une cuvette, par exemple ; ce que justifierait difficilement le régime côtier. Il semble donc qu'il nous reste à considérer la faille eifélienne, sauf démonstration plus péremptoire, « comme postérieure à l'achèvement des dépôts houillers », et comme résultant du grand mouvement qui les a eux-mêmes plissés.

Nous venons de nous enlever à nous-même notre dernière planche de salut.

Au point actuel de nos observations, il n'y a qu'à avouer l'impossibilité où nous sommes de préciser davantage les conditions de la formation par transport, pour les concilier avec les preuves, pour nous manifestes, de formation sur place.

(1) Chan. H. de Dorlodot. *Recherches sur le prolongement occidental du silurien de Sambre-et-Meuse et sur la terminaison orientale de la faille du Midi.* ANN. DE LA SOC. GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, t. XX, pp. 408 et suiv.

Dans une question de cette envergure, qui nécessite l'étude détaillée de tant de phénomènes complexes, nous ne croyons pas qu'on puisse nous reprocher de n'avoir pas encore la clef de tous les secrets.

Toutefois, il ne nous semble pas qu'il faille faire fi d'hésitations fondées en fait, et suivre en moutons de Panurge les enseignements de quelque école que ce soit. D'ailleurs, nous en avons l'espérance, des efforts mêmes que nous faisons pour aller, sans parti pris, contre vent et marée, viendra pour la vraie théorie un temps d'autant plus serein de triomphe.

Je viens de faire, Messieurs, de la formation sur place ; à vous maintenant de confirmer la fécondité réelle de l'active nature, et de faire de la formation par transport. Imitez l'action des fleuves carboniériens, recueillez les faits nombreux et précis, macérez-les dans les eaux généreuses de l'étude, et édifiez une œuvre définitive en l'honneur de la science et de Dieu son auteur.

G. Schmitz, S. J.

LES RAYONS X (1)

L'histoire des sciences physiques ne présente guère d'exemple d'une émotion semblable à celle qui saisit le monde savant et le public à l'annonce de la découverte du Dr Röntgen. Bientôt après sa communication à la Société médicale de Wurtzbourg, au lendemain surtout de la présentation de ces étranges photographies à l'Académie

(1) Conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, dans son assemblée générale du mardi 14 avril 1896.

Je tiens à remercier immédiatement mes dévoués et habiles collaborateurs.

Le R. P. Schaffers m'a prêté le concours le plus précieux et le plus assidu dans mes essais à notre laboratoire de Namur. En somme, ces expériences sont autant son œuvre que la mienne. A la conférence même, il s'est acquitté de son modeste rôle de préparateur avec un zèle et une précision admirables.

Les RR. PP. Thirion et Van Tricht ont bien voulu se charger des projections et les ont exécutées avec une perfection digne de leur talent. Un bon nombre des cathodographies ont été faites par le R. P. Thirion ; les clichés d'étincelles sont dus au R. P. Van Tricht.

Mes remerciements aussi à M. le Dr J. de Nobele pour le gracieux prêt de plusieurs diapositives très intéressantes.

Je ne dresserai pas ici la liste des ouvrages auxquels j'ai eu recours pour la rédaction de cette conférence. Elle remplirait plusieurs pages. A l'occasion de tel ou tel point particulier, je donnerai de brièves indications. Ici je signalerai seulement les articles publiés par la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, dans ses numéros des 30 janvier, 20 février et 15 mars ; et, tout spécialement, les deux articles de M. C. Raveau, préparateur à la Sorbonne : *Les Rayons X*, MONITEUR SCIENTIFIQUE QUESNEVILLE, 4e série, t. X, pp. 161-171, mars ; — *Les Faits nouvellement acquis sur les rayons de Röntgen*, REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, 15 mars, pp. 249-255. Ces deux derniers articles m'ont grandement facilité le travail de compilation.

On doit à M. C. Raveau, au sujet de la théorie des rayons X, une remarque du plus haut intérêt. Nous la signalerons en son lieu.

des sciences de Paris, les journaux quotidiens en portèrent la nouvelle aux quatre coins du monde.

D'ordinaire, les savants n'arrivent qu'avec peine à faire connaître aux profanes le fruit de leurs travaux et de leurs veilles et à leur communiquer une étincelle de leur enthousiasme. Ici, par un renversement singulier des choses, c'est dans les organes du monde politique que les paisibles travailleurs du laboratoire apprirent d'abord à connaître le nouveau mystère et puisèrent les premières indications nécessaires à leurs recherches. Ce fut, disons le mot, un ahurissement général, — auquel succéda une fièvre de travail qui, à en juger par l'abondance des problèmes énigmatiques qui se posent, ne prendra pas fin de sitôt.

L'astronomie, avec ses apparitions inattendues et ses phénomènes grandioses, semblait avoir le monopole des surprises émotionnantes. Elle doit désormais partager cette prérogative avec la physique. Elle doit même, en semblable occasion, lui céder le pas. Les phénomènes célestes sont simplement offerts de loin à notre observation, et souvent se soustraient sans retour à nos investigations avant que la lumière ne soit faite sur leur nature. La nouvelle étoile du Cocher qui, ces dernières années, fit tant de bruit dans le monde astronomique, s'est dérobée sans laisser aux observateurs le temps de pénétrer le secret de son apparition, de son éclat grandissant, de ses fluctuations, de son déclin. Au contraire, les agents physiques, plus à notre portée, saisis par la main curieuse de la science, soumis à ses combinaisons ingénieuses, peuvent être reproduits à volonté, étudiés dans des conditions variées, retournés, creusés, analysés, définis, enfin, l'énergie et l'habileté des travailleurs aidant, mis peu à peu à découvert : — peu à peu, car l'enthousiasme de la découverte ne doit point nous faire tomber dans l'illusion. Qui sait quand sera trouvée la clef de ce mystère désormais palpé tous les jours ?

Mais laissons ces considérations et, sans retard, passons à l'étude que nous nous sommes proposée.

Voici une ampoule de verre en forme de poire, semblable à très peu près à l'un de ces tubes que Crookes a rendus célèbres et presque vulgaires par de curieuses expériences. Avant de la fermer, on a épuisé l'air qu'elle renfermait d'abord en n'en laissant qu'une trace, un ou deux millionièmes de la masse primitive ; — en d'autres termes, on a réduit la pression à n'y être plus que d'un ou de deux millionièmes d'atmosphère. Ces petits nombres ne peuvent être saisis par notre imagination et ne lui disent rien de précis. Transformons notre énoncé : si le tube de nos baromètres, au lieu d'un mètre de hauteur, en avait 300, la colonne mercurielle, en occupant environ les 4/5, aurait 240^{m} de hauteur, et le millionième d'une pression mesurée par ces 240 mètres reviendrait à un quart de millimètre !

A travers les parois de l'ampoule passent, hermétiquement soudés, deux fils de platine courbés en anneau à l'extérieur et terminés à l'intérieur par un disque ou, ce qui vaut mieux, une cupule d'aluminium. A chacun de ces anneaux accrochons un fil métallique qui les mette en communication avec les pôles d'une source d'électricité à grande différence de potentiel (machine électrostatique de Wimshurst, par exemple, bobine d'induction de Ruhmkorff, transformateur de Tesla). Dès lors, cupules d'aluminium et fils de platine intérieurs à l'ampoule deviennent des *électrodes*, c'est-à-dire des points d'entrée et de sortie pour le courant. Le flux électrique étant censé marcher du pôle positif vers le pôle négatif, nous appellerons *anode* ou, si l'on veut, porte d'entrée, l'électrode positive, et *cathode*, l'électrode de sortie ou négative.

La source d'électricité, avons-nous dit, doit avoir aux pôles une grande différence de potentiel. Cette condition est requise chaque fois que la décharge électrique se fait dans un milieu offrant à son passage une grande résistance.

Mais, de nouveau, de crainte que l'imagination effrayée par l'aspect insolite de cette expression de *potentiel* ne se trouble dès notre début, ramenons-la à une forme plus simple. Mettons le pôle négatif au potentiel zéro, ce qui se réalise physiquement en le reliant à la terre. La condition énoncée revient alors à ceci : nous aurons besoin, dans nos expériences, d'électricité sous très forte *pression;* le débit de notre source, la quantité d'électricité qui circulera dans nos conduites, ne devra pas être très considérable, relativement ; mais il faudra que le réservoir soit, équivalemment, à une hauteur très grande, que le courant presse énergiquement les parois des conduites et s'élance avec force des ouvertures que nous lui ménagerons.

Envoyons donc le courant à haute pression à travers notre ampoule. Immédiatement dans l'intérieur du tube apparaît une lueur faible, un pinceau de lumière violacée qui jaillit de la cathode vers la paroi opposée. Celle-ci, aux points frappés par l'effluve lumineux, devient fluorescente, ou mieux peut-être luminescente (1) ; elle prend une belle teinte vert pomme qu'elle conserve quelque temps après que le courant a cessé de passer.

Fixez votre attention moins sur le jet intérieur que sur la paroi illuminée. C'est là précisément, semble-t-il, aux différents points de cette plage verte que, dans le dispositif actuellement sous vos yeux, prend naissance le rayonnement mystérieux, les rayons X, comme on les a si

(1) La terme *fluorescence* a été défini d'une façon précise par Stokes. C'est la dégradation des vibrations éthérées d'une certaine fréquence en vibrations de fréquence moindre : par exemple, des radiations ultra-violettes en radiations violettes. Les radiations spectrales subissent cette dégradation quand elles tombent sur des substances appelées *fluorescentes*, comme, par exemple, le sulfate de quinine.

On est loin d'employer toujours ce mot en conformité avec la définition de Stokes; nous nous accorderons nous-même parfois cette liberté.

E. Wiedemann a proposé la terme général de *luminescence* pour désigner l'ensemble des phénomènes phosphorescents et fluorescents sans en préjuger la nature précise.

justement appelés. Nulle dénomination jusqu'ici ne leur convient mieux. Elle fut proposée par le Dr Röntgen lui-même et maintenue par lui avec une rare modestie.

Au point où nous en sommes, nous pourrions définir grossièrement les rayons X : un agent qui, sous l'action de la décharge électrique dans une atmosphère très raréfiée contenue dans une ampoule de verre, prend naissance sur la paroi aux points frappés par le jet cathodique.

Afin d'en avoir une idée plus distincte et de rencontrer, chemin faisant, divers phénomènes intimement liés à notre sujet, rappelons brièvement les *caractères de la décharge électrique dans les gaz.*

Décharge dans l'air libre. — Soit donc une source électrique à haut potentiel, une machine d'induction de Voss par exemple, armée de ses condensateurs ordinaires, c'est-à-dire de petites bouteilles de Leyde réunies aux deux pôles. Mettons-la en mouvement et écartons les boules polaires. Aussitôt des étincelles éclatent nombreuses, rectilignes si la couche d'air à traverser ne dépasse pas deux ou trois centimètres. La distance entre les boules devient-elle plus considérable, l'étincelle ne suit plus, d'ordinaire, le chemin le plus court ; elle suit le moins résistant, et prend la forme en zig-zag habituelle à l'éclair. Ces changements de direction si brusques et si capricieux en apparence sont probablement déterminés par la distribution des poussières dans l'air.

Jaillissant entre des pièces de monnaie, la décharge amène aux divers points du relief de l'empreinte de petites lueurs qui permettent de reconnaître la pièce et d'en obtenir la photographie (Latchinoff et Moniusko, 1888).

Quels sont les agents de ces impressions photographiques ? Il serait difficile de le dire d'une façon précise et complète. La lumière ordinaire intervient certainement ; une influence électrique s'y ajoute, on n'en peut guère douter ; peut-être les rayons X eux-mêmes n'y sont-ils pas

absolument étrangers. Le phénomène est d'une complexité inextricable dans l'état actuel de nos connaissances.

Enlevons à la machine ses petites bouteilles de Leyde. La décharge prend un caractère nouveau, et nous obtenons des aigrettes filamenteuses, arborescentes et en barbes de plume.

Décharge dans les gaz raréfiés. — Dans les expériences indiquées à l'instant, le flux électrique jaillissait *à l'air libre*. Mais écartons davantage les pôles de la machine et mettons-les, au moyen de fils métalliques ou de chaînettes, en communication avec les électrodes d'un tube où l'on peut faire le vide, soit, par exemple, avec les deux boules de l'appareil classique appelé *œuf électrique* ou avec les fils d'un tube de Geissler non fermé. Un tuyau de caoutchouc relie cet espace limité à la machine pneumatique. Celle-ci étant mise en marche, diminuant la pression dans le tube, l'étincelle acquiert, pour une même différence de potentiel ou une même pression du fluide électrique, une longueur plus considérable ; ou bien inversement, pour une longueur d'étincelle donnée, la différence de potentiel nécessaire décroît comme la pression du gaz et dans la même proportion (Harris, 1834). Voilà du moins ce qui se passe pour des pressions comprises entre 76 cm. de mercure (pression barométrique moyenne) et 28 cm. Lorsque la pression s'abaisse au-dessous de 28 cm., la différence de potentiel nécessaire pour produire l'étincelle est plus grande que ne l'indique la loi de Harris (1).

(1) Gordon, PHILOSOPHICAL MAGAZINE, Sept. 1878, p. 185. Résumé dans J. E. H. Gordon, *Traité expérimental d'électricité et de magnétisme*, traduction française de J. Raynaud, t. II, pp. 121 et suiv. — Baille. *Mesure des potentiels explosifs dans différents milieux*. ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 5e série, t. XXIX, pp. 181-194 ; et JOURNAL DE PHYSIQUE, 2e série, t. III, p. 505.

A la rigueur, il faudrait distinguer l'étincelle de l'aigrette ; ce ne sont pas deux formes différentes d'un même phénomène, elles ne suivent pas les mêmes lois. Baille, *Mesure des potentiels correspondant à des distances explosives déterminées*, JOURNAL DE PHYSIQUE, 2e série, t. I, pp. 169-175.

D'ailleurs, déjà lorsque la colonne mercurielle du manomètre indicateur de la force élastique du résidu gazeux est à une hauteur voisine de 38 cm., l'aspect de la décharge se modifie considérablement. Tout le gaz contenu dans le tube devient lumineux, et si on examine cette lumière au spectroscope, on la voit décomposée en un certain nombre de raies brillantes qui forment le spectre caractéristique du gaz renfermé dans le tube. Cette observation — qu'on nous permette ces deux mots de parenthèse — a été le principe des étonnantes recherches d'astrophysique qui nous ont fait connaître la constitution des corps célestes, la rapidité de leur vitesse d'approche ou d'éloignement par rapport à nous, le sens et la grandeur de leur vitesse de rotation sur eux-mêmes, etc.

La raréfaction étant amenée à un ou deux millimètres de mercure, comme cela est réalisé dans les *tubes de Geissler*, on est témoin, au moment du passage de l'électricité, du phénomène d'Abria, ou de la *stratification de la lumière*. Autour de la cathode se montre une auréole violette, et de l'anode se propage une lueur rose ou purpurine divisée en strates ou couches agitées d'un léger tremblement. Cette lueur striée peut remplir *presque* tout l'espace intermédiaire entre les deux pôles ; mais toujours un intervalle obscur la sépare de l'enveloppe lumineuse de la cathode.

Plusieurs savants, parmi lesquels il faut citer Gassiot (1860), Spottiswoode (1875-76), Warren de la Rue et Müller (1877), et enfin Fernet (1880), ont beaucoup étudié ce phénomène curieux, sans réussir pourtant à en fournir une explication satisfaisante ; sa nature intime est encore actuellement inconnue (1).

(1) Gassiot, PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY, t. X, pp. 6 et 393, 1859-60.— Spottiswoode, IBID., t. XXIII, p. 455 (1875) et t. XXV, p. 73 (1876). — Warren de la Rue et Müller, PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS, Part I, t. CLXIX, p. 55 et p. 155. — Fernet, COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, t. XC, p. 680 (1880).

Une circonstance des phénomènes présentés par les tubes de Geissler plus intéressante à notre point de vue, c'est la vive *illumination des substances fluorescentes* placées dans le tube ou à son contact. Si, par exemple, une partie de ce tube est immergée dans une solution de sulfate de quinine, de fluorescéine, etc., ou si le verre lui-même de la paroi est coloré avec de l'urane, ces substances brillent de leurs couleurs caractéristiques quand le tube est sillonné par l'étincelle électrique. Elles deviennent, nous le verrons, l'origine d'un rayonnement capable de traverser les corps opaques à la lumière.

Observons qu'une seule des deux boules qui terminent le tube est fortement illuminée : c'est celle qui est reliée au pôle négatif de la machine, c'est la boule cathodique. Si l'on renverse les pôles, l'illumination apparaît à l'extrémité qui d'abord était relativement sombre.

Nous arrivons aux *tubes de Crookes*. Si Crookes ne fut pas le premier à signaler les phénomènes d'ordre spécial dont nous allons parler, au moins eut-il le mérite d'en découvrir plusieurs indépendamment des recherches antérieures, de donner à leur reproduction un éclat tout particulier et d'en vulgariser la connaissance. Il fut l'auteur non de leur première découverte, mais, pourrait-on dire, de leur découverte *utile* (1).

Dans les tubes de Geissler, le vide était fait à deux ou trois millimètres de mercure. Il nous faut maintenant des ampoules bien plus parfaitement évacuées, ne conservant

(1) En Allemagne, dès 1879, Hittorf avait étudié les phénomènes produits par la décharge dans les gaz très raréfiés. *Ueber die Elektricitätsleitung in Gasen*, POGGENDORF'S ANNALEN, t. VII (1880). Goldstein fit des recherches sur le même objet (*Untersuchungen über die electrische Entladung in Gasen*, Berlin, 1880).

Mais les travaux de Crookes furent faits indépendamment des observations antérieures (ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 3e série, t. XIX, p. 193; PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY, t. XXVIII, pp. 103, 347. PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS, t. VI, p 11, 1879; JOURNAL DE PHYSIQUE, t. IX, pp. 30, 37 et 164).

qu'un quatre millième ou un cinq millième de l'air résiduel ; en un mot et suivant l'expression consacrée, nous avons besoin du *vide de Crookes*, un ou deux millionièmes d'atmosphère.

Une machine pneumatique ordinaire, aussi perfectionnée qu'on voudra bien l'imaginer, est incapable de nous fournir pareil résultat. Même avec le dispositif de Babinet, l'espace nuisible nous arrêterait bien avant cette limite. Nous recourrons aux pompes et aux trompes à mercure. Ces machines, dont les principes sont dûs à Geissler et à Sprengel, n'ont pas d'espace nuisible, seulement leur fonctionnement est extrêmement lent.

Si, à l'aide de ces instruments, on réduit la pression dans un tube de Geissler, les stratifications qui émanent du pôle positif se retirent graduellement, et l'enveloppe violette relativement obscure de la cathode s'étend de plus en plus jusqu'à remplir toute l'ampoule. Elle atteint les parois, et là où elle rencontre le verre, — verre ordinaire cette fois, non préalablement coloré par de l'urane, — se développe une luminescence remarquable dont on peut d'avance déterminer la forme et l'étendue. En chaque point de l'électrode négative ou cathode, menons des perpendiculaires à sa surface : nous formerons un faisceau de droites qui marche vers la paroi et y découpe une région déterminée ; c'est cette région qui devient phosphorescente dès que l'électricité passe. Sur chaque droite chemine un *rayon cathodique*, et *la luminescence que ces rayons excitent dans le verre* est précisément la *première propriété* que nous avons à leur attribuer. Nous l'avions signalée dès l'abord de cet article, mais son importance est telle qu'il convenait de la rappeler et de la préciser.

Répétons-en la démonstration expérimentale. Voici un tube à vide spécialement construit pour la production des rayons X. Il est en verre incolore, il a la forme d'une poire calebasse. L'électrode destinée à servir de cathode se

trouve à la petite pointe ; l'anode est dissimulée dans un appendice latéral, de façon à ne pas intercepter le rayonnement cathodique. De chacun des points de la cathode partent les rayons qui viennent frapper la paroi opposée et y produisent une luminescence vert pomme.

Donnons à la cathode la forme d'une portion de cylindre droit de révolution : les normales se coupent en un foyer commun situé sur l'axe du cylindre et divergent au delà. L'enveloppe inférieure du faisceau de rayons rencontre la paroi suivant deux arcs d'ellipses rendus visibles par la luminescence.

La teinte de cette luminescence varie avec la composition du verre : le verre d'urane, déjà naturellement verdâtre, devient vert foncé ; le verre anglais et le verre d'Allemagne fusible, qui n'ont par eux-mêmes aucune teinte sensible, s'illuminent le premier en bleu violet, et le second en vert pomme.

Un *second caractère* des rayons de cathode est *l'impossibilité où ils sont de dévier spontanément de la ligne droite.* Se présente-t-il sur leur route un angle à contourner, ils s'arrêteront plutôt que de modifier la direction de leur trajectoire. Bien différente était la marche des phénomènes lumineux dans les tubes de Geissler : nous les avons vus suivre docilement tous les méandres des tubes où passait l'étincelle et produire ainsi de très jolis effets. Ici, au contraire, au premier détour imposé par la forme du tube, refus absolu de passer outre.

Le tube en V muni d'une électrode à chaque extrémité sert à montrer cette propriété. Nous y lançons le courant. La branche reliée au pôle négatif, celle de droite, par exemple, devient vivement luminescente, l'autre reste presque complètement obscure. Si l'on renverse le courant, la cathode passe à gauche, la branche de gauche est luminescente, celle de droite perd son éclat.

Mais si la propagation naturelle des courants de cathode se fait suivant une droite rigide et normale au point de l'électrode dont ils émanent, il s'en faut de beaucoup qu'ils ne puissent être détournés de ce chemin par une influence étrangère. Déjà sensibles à l'approche de la main, plus encore à celle d'un corps conducteur, *ils sont énergiquement déviés par l'action de l'aimant.*

Ce n'est pas que le flux électrique lancé par la cathode dans les gaz très raréfiés jouisse seul, à l'exclusion des autres sortes de décharges, d'une certaine sensibilité à l'égard des champs magnétiques. L'effluve qui, à l'air libre, accompagne l'étincelle, subit de la part d'un aimant placé dans son voisinage une action directrice très nette. Toujours ils se conduit en sa présence absolument comme le ferait un courant mobile, et il en est identiquement de même de l'effluve qui traverse un tube de Geissler.

S'agit-il au contraire des modifications subies par la lueur violette de la cathode, on observe, comme Plücker l'a montré, que cette lueur s'étend en une surface qui peint aux yeux l'ensemble des courbes suivant lesquelles s'exerce l'action des deux pôles de l'aimant sur les points lumineux (1).

Hittorf et Crookes ont étudié d'une façon très approfondie l'action de l'aimant sur la décharge dans les gaz très raréfiés. Le premier a résumé d'une façon élégante le résultat fondamental de ses observations : le rayon cathodique, dit-il, se comporte en face de l'aimant à l'égal d'un fil conducteur, mince, sans poids, primitivement rectiligne, parcouru par un courant, et qui ne serait fixé que par une de ses extrémités, celle qui est située sur la cathode. Le fil, sur le reste de sa longueur, obéit, mais à la manière d'un acier résistant, à l'action des forces qui s'exercent entre ses éléments et le pôle magnétique ; la position qu'il occupe par rapport à l'anode, qu'il en soit voisin ou

(1) Plücker. POGGENDORFF'S ANNALEN, t. CIII.

éloigné, importe peu. Au contraire, les rayons anodiques relient toujours l'anode à la lueur violette cathodique; leurs deux extrémités sont fixes et n'obéissent aux forces magnétiques qu'autant que cette liaison le permet.

Un appareil de Crookes montre facilement l'action de l'aimant sur les rayons cathodiques. Un diaphragme de mica où une fente a été découpée prélève sur ce rayonnement un faisceau laminaire qui tombe sur un écran fluorescent et y marque sa trace d'un trait bleu vif. Approche-t-on l'aimant du tube, la ligne de lumière se courbe sous l'influence magnétique et ondule, comme une baguette flexible, quand on fait varier la position de l'aimant.

Quelle est la *nature de ces étranges rayons cathodiques?* — Les caractères que nous avons décrits — et ils en est d'autres encore tout aussi remarquables — nous montrent que le gaz à cet état de raréfaction est doué d'un ensemble complexe de propriétés nouvelles, opposées à celles qu'il possède aux pressions supérieures. Est-ce encore un gaz purement et simplement, un vrai gaz, ou ne convient-il pas plutôt d'y voir un quatrième état de la matière, nettement différencié des trois états connus de tout temps : état *solide,* état *liquide,* état *gazeux?*

Crookes adopta cette dernière solution et crut en avoir fait la preuve. Reprenant une expression de Faraday, il donna à cette nouvelle manière d'être des corps le nom d'*état radiant*. Le caractère fondamental de cet état est, d'après le savant anglais, la liberté presque absolue des rares molécules laissées dans l'ampoule. Un certain nombre de molécules est nécessaire : car si la raréfaction est poussée au delà de certaines limites, tous les phénomènes disparaissent. S'il en reste le nombre voulu, l'énergie que leur communique la décharge éléctrique les transforme en de véritables projectiles dont les chocs

contre les parois ou contre certains corps renfermés dans le tube expliquent tous les détails des expériences. Telle est dans son principe la célèbre théorie du *bombardement moléculaire* (1).

Très attrayante par sa simplicité, cette explication recueillit d'abord un grand nombre d'adhésions. Mais bientôt les contradicteurs se levèrent pour combattre la théorie cinétique des phénomènes. L'Angleterre, sa patrie, lui resta fidèle; d'illustres savants, comme Kelvin et Stokes, se joignirent à Crookes pour la défendre. Sur le continent, en Allemagne surtout, elle trouva de rudes adversaires. Pour ceux-ci, l'hypothèse du bombardement était inutile; les mouvements vibratoires expliquaient tout.

Dans ces derniers temps, à la suite des recherches de Hertz et de son élève Lénard, de Wiedemann et de Ebert, de Jaumann, le débat s'est ranimé avec des succès divers. Après avoir pris carrément parti pour l'hypothèse ondulatoire, tel savant de grand mérite reconnaissait, peu de temps avant l'apparition des rayons X, que les phénomènes étaient, en apparence, contradictoires, et, qu'en fin de compte, la théorie des chocs n'était pas dépourvue d'arguments de grande valeur (2).

(1) Cette théorie, avec les expériences dont Crookes l'a étayée, a été exposée ici-même dans un article très intéressant dû à la plume d'un de nos plus habiles écrivains, le R. P. J. Thirion. Nous engageons vivement nos lecteurs à relire ces pages curieuses auxquelles les rayons X rendent une nouvelle actualité. (J. Thirion, S. J. *Les Mouvements moléculaires*, Rev. des quest. scient., t. VII, pp. 5-56, janvier 1880).

(2) Ch.-Éd. Guillaume. *Les Rayons cathodiques*. La Nature, 22e année, 1894, 2e semestre, pp. 131-135, 24e ann., 1895, 1er sem., pp. 42-43.

Le livre intéressant et très documenté que le même auteur vient d'écrire sur les rayons X semble trahir encore un reste d'hésitation au sujet de la théorie des rayons cathodiques : *Les Rayons X et la photographie à travers les corps opaques*, par Ch.-Éd. Guillaume, docteur ès sciences, adjoint au bureau international des poids et mesures. Paris, Gauthier-Villars.

Expériences de Hertz et de Lénard. — Hertz avait établi que tous les corps n'étaient pas absolument opaques aux rayons cathodiques, et que ceux-ci traversaient, par exemple, une très mince feuille d'aluminium baignée sur ses deux faces par une atmosphère très raréfiée. Lénard, plus hardi, tenta de faire sortir ces rayons du vide de Crookes dans l'asmosphère. Dans la paroi terminale d'un tube à vide il pratiqua une fente très étroite fermée par une feuille d'aluminium de 3 microns d'épaisseur (3 millièmes de millimètre). L'essai réussit, les rayons de cathode traversèrent cette cloison, pénétrèrent dans l'atmosphère et y subirent la diffusion. On put les comparer à la lumière tombant dans un milieu trouble, comme une fumée, ou de l'eau contenant un peu de lait.

Lénard employa, pour l'observation des rayons cathodiques au dehors des tubes où ils ont pris naissance, deux procédés commodes auquel nous aurons nous-mêmes à recourir. Le premier utilise la luminescence que ces rayons éveillent en particulier dans le pentadécylparatolylcétone appliqué en solution sur un écran de papier de soie ; le second emploie leur action sur les plaques photographiques. Ces deux influences sont perceptibles l'une et l'autre même après que les rayons cathodiques ont traversé l'aluminium sous épaisseur convenable, malgré toute son opacité à la lumière ordinaire.

Lénard obtint même des impressions sur une plaque sensible placée *dans une boîte d'aluminium entièrement fermée.* C'était presque la découverte de Röntgen. Il la frôla de bien près.

Les choses en étant là, on pouvait se demander si les rayons cathodiques ne traverseraient pas même la paroi de verre de l'ampoule. Et si déjà l'on avait cru pouvoir répondre négativement à cette question, et affirmer qu'un écran quelconque, même transparent, comme le verre, le mica, le collodion, pris sous l'épaisseur la plus réduite possible, arrêtait les rayons de cathode, les résultats très

inattendus de Hertz et de Lénard excusaient bien un certain doute et autorisaient un nouvel essai. On s'aiderait des deux moyens d'observation de Lénard : la phosphorescence, et l'impression des plaques sensibles.

Venons-nous de reproduire les réflexions qui conduisirent Röntgen à ses expériences et avons-nous trouvé la vraie genèse de sa découverte ? Ou bien celle-ci fut-elle le résultat d'un hasard presque fortuit ? Nous n'avons pu nous renseigner sur ce point.

Recherches de Röntgen. — Quoi qu'il en soit, de fait, ayant mis son laboratoire dans l'obscurité et enveloppé complètement de papier noir un tube de Crookes en activité, le professeur de Wurtzbourg en approcha un écran recouvert d'une substance fluorescente, le platinocyanure de baryum, et constata — nous laissons à penser avec quelle émotion — qu'il devenait lumineux. La fluorescence était encore sensible à deux mètres du tube, et la cause de cet effet n'était pas ailleurs que dans le tube lui-même. — Y avait-il là aussi un pouvoir actinique ? Des plaques photographiques ordinaires, des pellicules sensibles furent présentées au tube toujours caché dans son manchon ; le développement montra qu'elles avaient été atteintes.

Pourtant il ne fallait point encore se hâter. N'avait-on pas affaire à de simples rayons ultra-violets ? Dans ce cas, l'expérience restait curieuse, ses applications peut-être seraient importantes, mais, au point de vue des principes, elle était loin d'atteindre aux proportions étonnantes qu'elle a prises. C'était une extension, une généralisation de propriétés déjà reconnues ailleurs en partie.

Car, avec les rayons visibles, le soleil et les autres foyers nous envoient, dans la très grande généralité des cas, des radiations invisibles. Quand le prisme décompose le rayonnement d'un foyer dans les couleurs de l'arc-en-ciel, il rejette une partie de ces radiations invisibles à un

bout du spectre au delà du rouge : ce sont les rayons infra-rouges ; — les autres sont renvoyés à l'extrémité opposée, au delà du violet : ces dernières s'appellent radiations ultra-violettes.

Or, les rayons ultra-violets jouissent précisément de la double propriété signalée à l'instant dans les rayons X. Ils excitent la fluorescence, en particulier dans le platinocyanure de baryum, et impressionnent énergiquement les couches sensibles des plaques photographiques. Chose plus remarquable et nouveau point de contact, sinon preuve d'identité : un corps au moins, opaque à la lumière, l'argent, laisse passer les rayons ultra-violets sans les dépouiller de leurs propriété actiniques (1).

Les rayons X n'étaient-ils pas de *simples rayons ultra-violets* ordinaires?

La distinction fut facile à établir. Röntgen prit un carton dont il vérifia la parfaite opacité à l'égard des dernières régions spectrales de la lumière du soleil, de l'arc électrique, etc. Les rayons X le traversèrent sans grand affaiblissement. Un grand nombre d'autres substances agissaient de même. La preuve était donc faite. Plus récemment, en raison de sa grande importance, elle fut renouvelée par Nodon avec un arc électrique puissant. Ce rayonnement, très riche en radiations ultra-violettes, ne

(1) De Chardonnet, *Sur la transparence actinique de quelques milieux, et, en particulier, sur la transparence actinique des miroirs de Foucault et leur application en photographie.* JOURNAL DE PHYSIQUE, 2e série, t. I, p. 305, 1892.

D'une façon générale, transparence et opacité sont des propriétés essentiellement relatives. Pour s'exprimer correctement à leur sujet, il est requis de préciser la teinte ou, plus scientifiquement, la longueur d'onde des radiations reçues par le corps en expérience. Le cas de l'argent, que nous venons de citer, en est une preuve. Les photographes, pendant les opérations du développement des plaques impressionnées, etc., ne laissent pénétrer dans leurs laboratoires que de la lumière tamisée par un verre rouge rubis. La raison en est que ce verre est opaque aux rayons de réfrangibilité supérieure au rouge, ne laisse donc passer que la lumière rouge, et que celle-ci n'a qu'une action très lente sur les plaques sensibles.

put atteindre une plaque photographique à travers une enveloppe de papier que les rayons X traversèrent sans peine.

Mais les rayons X pouvaient bien être encore *une classe de rayons cathodiques* capables de traverser une notable épaisseur de verre. Hertz et Lénard n'avaient-ils pas prouvé que les rayons de cathode traversent tous les corps réduits en lamelles suffisamment minces, sans que leur opacité à la lumière ordinaire soit le moins du monde un obstacle ?

Röntgen signale une première divergence. *Le pouvoir absorbant des diverses substances à l'égard des rayons cathodiques et des nouveaux rayons est fort inégal.* L'écran fluorescent le montre. L'éclat de l'illumination varie à peu près comme l'inverse du carré de la distance qui sépare l'écran du tube à décharges : en langage ordinaire, cela veut dire que l'air absorbe très peu les rayons X, beaucoup moins que les rayons de cathode. La persistance de la luminosité de l'écran à deux mètres du tube en était déjà une preuve. Du reste, les autres corps se comportent comme l'air : tous sont plus perméables pour les rayons X que pour les rayons cathodiques.

Ce n'est là à tout prendre qu'une différence accidentelle, question de plus ou de moins. Un caractère plus tranché apparaît dans ce fait que *les rayons X ne sont pas déviés par les champs magnétiques même très intenses*, tandis que cette déviation est un caractère commun à *tous* les rayons cathodiques capables de sortir des tubes.

Nous restreignons notre proposition aux rayons observés *en dehors des tubes*. Une expérience de Goldstein nous y oblige. Ce savant réussit à tamiser le flux de la cathode à l'intérieur des tubes, et il montra qu'une partie du flux conservait sa propagation rectiligne en présence de l'aimant. Quant aux rayons cathodiques qui traversent la

fenêtre d'aluminium de Lénard et passent dans l'air ambiant, *tous*, nous le répétons, subissent l'action de l'aimant d'une façon indéniable, quoique à des degrés divers (1).

Voilà donc la distinction entre les rayons X et les rayons ultra-violets d'une part, et les rayons simplement cathodiques de l'autre, parfaitement établie. Cette fois, la position est franche, un nouvel agent physique a été reconnu, les limites de la science sont reculées, un terrain vierge est ouvert. Röntgen en fit la première exploration avec une ardeur et un soin admirables.

Ce n'est pas un fait vague et indéfini qu'il nous livre, une étude grossièrement ébauchée qu'il nous présente : c'est une œuvre certainement hâtée, afin de ne point soustraire à la connaissance du monde savant le secret trouvé, mais en même temps une œuvre fouillée et traitant d'une façon sérieuse la plupart des points intéressants.

En un mot, au nom de Röntgen reste désormais attaché le souvenir d'une grande découverte, d'une conquête bien assise, de l'occupation solide d'une nouvelle province de l'empire de la science. Le cadastre des moindres parcelles n'est pas établi, mais les principaux jalons sont posés, la carte a été dressée par le premier explorateur.

Notre but n'est pas ici d'écrire l'historique détaillé de la découverte et d'assigner à chacun des savants la part qu'il a prise : le moment n'en est pas venu. Contentons-nous donc de l'hommage général que nous venons de rendre à l'illustre professeur de Wurtzbourg et, sans nous attacher davantage à mettre en relief toute l'étendue de son rôle, esquissons les principaux résultats acquis.

(1) *Mémoire de Röntgen*, n° 11.— Le fait de la non-déviation des rayons X *non modifiés* par les champs magnétiques a été vérifié par A. Lafay. COMPTES RENDUS, 23 mars, p. 715. « *Non modifiés*, » voir plus loin.

Déjà nous avons décrit le *mode* ordinaire *de production des rayons X*. De nouvelles méthodes plus ou moins parfaites ont été signalées. Ainsi Violle et d'autres ont remplacé le tube de Crookes par une lampe à incandescence. Violle emploie comme source électrique le dispositif de Tesla, et remplace le tube de Crookes par une lampe de Gérard ou de Swan à luminescence verte. Il en actionne la douille, tandis que la pointe est reliée à une capacité quelconque ou à un point du circuit.

Un perfectionnement hautement désirable était la *réduction du temps de pose* nécessaire pour obtenir l'ombre photographique d'un objet plus ou moins opaque aux rayons X. Il est évident que ce temps dépend de nombreux facteurs : intensité de la source rayonnante, distance du tube à la plaque, ouverture du diaphragme, et, très spécialement, épaisseur et transparence des milieux à traverser.

Pour citer quelques exemples, Imbert et Bertin-Sans ont constaté que quelques secondes suffisaient aux rayons X pour produire un effet actinique sensible à travers des feuilles de papier noir et une lame de liège de deux centimètres d'épaisseur. Nous-même avons obtenu en 15 secondes le dessin de lettres découpées dans une feuille de laiton, à travers un sachet de soie caoutchoutée ; et il est évident que cette durée aurait pu être réduite de beaucoup. M. Seguy est pessimiste à coup sûr quand il estime que deux centimètres de tissus organiques exigent une heure de pose. Une main d'homme fait, que nous projetterons tout à l'heure, n'a demandé que 14 minutes avec un diaphragme de 18^{mm} d'ouverture, le tube étant à 12 centimètres de la plaque ; 12 minutes nous avaient déjà fourni une bonne cathodographie du même objet. Une main d'enfant de dix ans a été obtenue en 4 minutes.

Je ferai observer ici qu'à Namur, constamment, nous avons suivi la règle formulée, m'a-t-on dit, par Perrin, préparateur à la Sorbonne, un des savants qui sont occupés

avec le plus de succès des rayons X. Voici cette règle : Ne jamais faire travailler le tube plus de quatre minutes de suite : il se fatigue trop et son rendement baisse. A séparer chaque période de quatre minutes d'activité par une minute de repos, on ne perd pas de temps, au contraire : la durée totale de l'exposition se trouve diminuée.

Les *conditions du courant* envoyé dans le tube ont une influence marquée sur le temps de pose. En un mot, le courant doit être tel qu'il entretienne une belle phosphorescence du tube : c'est une question d'ampères et de volts et aussi de fréquence d'interruptions ou de réglage du trembleur ; il est difficile de préciser.

D'après J. Chappuis et E. Nugues, la substitution de l'*interrupteur Foucault* aux trembleurs métalliques fait tomber le temps de pose dans le rapport de 40 à 1. Ils ont obtenu ainsi des épreuves de main jusqu'à l'avant-bras (diaphragme 8^{mm}; distance de la plaque au tube 15^{cm}) en *une minute !* Ce résultat semble dû à l'instantanéité de l'étincelle de rupture dans l'alcool. Aussi quand l'alcool est envahi par une boue noirâtre, formée de bulles de mercure, l'étincelle pouvant se prolonger un peu davantage, le temps de pose augmente de 2 à 5 (Comptes rendus, 30 mars, p. 777).

La puissance d'un tube de Crookes actionné par une bobine de Ruhmkorff à interrupteur Foucault n'augmente pas, pour une même intensité du courant mesuré dans l'inducteur fermé, en même temps que le nombre des interruptions. Du reste, il faut observer que quand le nombre des interruptions augmente, la longueur des étincelles de l'excitateur diminue. Il y a donc là deux phénomènes qui varient en sens inverse et qui tous deux influent sur le maximum de puissance du tube. Ce maximum dépend de la self-induction de l'enroulement induit, et les conditions nécessaires à sa production changent pour un même courant avec la bobine employée. L'expérience seule

permet donc de la déterminer (Comptes rendus, 7 avril, p. 811).

Les courants de Tesla ont donné à M. Joubin des photographies en 30 secondes. S'il s'agit d'objets de difficulté moyenne, comme le squelette détaillé d'une main d'adulte, ce résultat est remarquable.

Malheureusement ce dispositif détruit rapidement les tubes. En outre, il gâte les ombres et les images cathodographiques à cause de l'existence de deux lieux cathodiques (S. P. Thompson).

Concentration des rayons X au moyen des champs magnétiques. — Un autre perfectionnement, dont l'idée se sera présentée à l'esprit de bien des chercheurs, est l'emploi d'aimants permanents ou d'électro-aimants dans le but de concentrer les rayons X et de réduire ainsi le temps de pose. Entendons-nous bien : il ne s'agit pas ici d'une action immédiate des champs magnétiques sur les rayons X ; nous savons parfaitement qu'il n'y en a aucune, aussi longtemps du moins que ces rayons n'ont pas été modifiés (voir plus loin). Nous voulons parler d'une action magnétique exercée sur les rayons cathodiques de façon à les concentrer sur une région restreinte et à condenser ainsi une grande partie du rayonnement total du tube.

Cette condensation réussit parfaitement. Par une disposition convenable des pôles magnétiques, on dévie les rayons cathodiques aux environs de la cathode, alors qu'ils ne sont pas encore notablement dispersés ; ou bien on accumule sur une petite plage ces rayons primitivement disséminés sur la calotte anticathodique. Dans les deux cas, on les dirige vers l'ouverture circulaire du diaphragme ; on augmente donc l'intensité sans diminuer la netteté (Meslin ; Imbert et Bertin-Sans ; Chappuis). Le temps de pose peut être réduit dans ces conditions dans le rapport de 8 à 5 (Chappuis).

On peut alors, dans les différentes expériences, utiliser successivement diverses régions du tube. Ce résultat constitue un second avantage qui a son importance ; car lorsqu'on emploie toujours la même région, la tache qui était d'abord verte devient peu à peu jaunâtre, à cause d'un léger dépôt brun qui finit par rendre cette région inactive. Au contraire, en déplaçant très peu l'aimant, on peut utiliser chaque fois une partie nouvelle (Meslin).

Cependant la concentration des rayons cathodiques sur la paroi du tube a un inconvénient grave : elle peut amener la fusion du verre. Le remède à ce danger se trouvera dans l'emploi de l'anticathode de S. P. Thompson dont nous parlerons plus loin.

Emploi des substances phosphorescentes et fluorescentes. — Un progrès assez pratique, semblerait-il, est dû à Piltchikof. Il fait tomber les rayons cathodiques sur une substance contenue à l'intérieur du tube et plus fluorescente que la paroi du verre : la durée de pose est alors singulièrement abrégée.

Battelli et Garbasso ont fait une observation analogue. Ils y ajoutent ce résultat curieux : des substances fluorescentes placées derrière la plaque photographique permettent de raccourcir la durée de l'exposition (Comptes rendus, 9 mars, p. 603).

Basilewski (Comptes rendus, 23 mars, p. 270) croit avoir trouvé un autre perfectionnement. Il a appliqué immédiatement sur la couche sensible un écran de papier enduit de platinocyanure de baryum. Il pense avoir ainsi réduit le temps de pose. Les exemples qu'il donne ne sont pas tous convaincants : des pièces de monnaie en *trois minutes ;* il n'y a rien de bien remarquable en cela. Ce qui est plus grave, c'est que G. Meslin avait réalisé l'expérience de Basilewski et observé une diminution manifeste de sensibilité au lieu d'un accroissement.

Ce dernier résultat est bien d'accord avec certaines idées théoriques fort caressées à cette heure et dont nous

dirons un mot à la fin de ce travail. Or, si ces vues sont les vraies, les rayons X n'éveillent la fluorescence qu'au prix de la dégradation de leur énergie vibratoire, et, conséquemment, semble-t-il, de leur pouvoir actinique. — Il ne faut cependant pas perdre de vue la curieuse découverte de Ch. Henry que nous allons rapporter tantôt.

Au surplus, il y a quelque temps déjà, le R. P. Thirion a fait et refait jusqu'à six fois une expérience dont l'étrange résultat est du même ordre que celui obtenu par Meslin. Sur un carton bristol est écrit avec du platinocyanure de baryum précisement le nom de cette substance. Le P. Thirion met cette écriture en contact immédiat avec la couche sensible d'une plaque rapide, enveloppe le tout de deux doubles de papier noir et expose aux rayons X. Au développement, on trouve toute la plaque impressionnée, *excepté* aux points de contact du cyanure et de la couche sensible ; or, chose bizarre, sous le rayonnement röntgénien le cyanure doit avoir été illuminé en jaune. Comment ces radiations de la portion moyenne du spectre visible n'ont-elles pas en plusieurs minutes agi sur la couche sensible d'une plaque rapide ? Cela est d'autant plus singulier que Battelli et Garbasso ont photographié directement, par les moyens ordinaires, l'écriture au cyanure illuminée par les rayons X, essai qui devait évidemment réussir. Mais pourquoi le curieux résultat obtenu par le R. P. Thirion ?

Le sulfure de zinc phosphorescent. — Ces recherches rappellent la découverte de Ch. Henry. Sur une plaque photographique, enveloppée de papier aiguille, plaçons un fil de fer, et sur ce fil une pièce métallique. Le tout, exposé au rayonnement d'un tube de Crookes, donnera l'ombre du fil de fer et celle de la pièce ; mais le fil ne se distinguera de la pièce que dans les portions par lesquelles il la déborde, et aux points communs les deux ombres se confondront l'une dans l'autre. Pourtant, si l'on

a eu soin d'enduire au préalable de sulfure de zinc phosphorescent la face *postérieure* de la pièce appuyée contre le fil, l'ombre de celui-ci apparaîtra sur celle de la pièce qui sera devenue plus claire. L'effet est plus marqué si c'est la face *extérieure* de la pièce qui a reçu l'enduit.

Ce résultat semble susceptible de très utiles applications. Obtenir les ombres de corps opaques aux rayons X enfouis dans un milieu plus ou moins absorbant d'une certaine épaisseur est une opération longue. Cest ainsi qu'il faut facilement, avec les moyens ordinaires, 20 minutes de pose pour cathodographier les os du bras d'un jeune homme ; cette durée d'exposition est même insuffisante pour obtenir une image nette et vigoureuse des os du mollet. Un moyen très convenable pour arriver plus rapidement à ces résultats serait, semble-t-il, d'enduire de sulfure phosphorescent la face du membre non appliquée sur la plaque. Qui sait si ce même procédé ne permettrait pas de tenter avec succès la cathodographie à travers toute l'épaisseur du corps et d'obtenir une image des organes intérieurs ?

La portée pratique de la découverte de Ch. Henry est immense, on le voit. Sa signification théorique est tout aussi importante. Elle montre qu'une partie des rayons X, incapable par elle-même de traverser certains milieux, acquiert au contact du sulfure phosphorescent l'énergie nécessaire à cet effet. Elle constitue une première preuve de l'hétérogénéité de ces rayons.

Il est à regretter que certains auteurs ne définissent pas toujours suffisamment les conditions dans lesquelles ils ont réalisé des cathodographies : aucun détail sur la nature de l'objet soumis à l'épreuve, sur l'ouverture du diaphragme employé, etc. Sans ces indications, quelle conclusion tirerons-nous de l'énoncé du résultat ? Cela ne nous apprend pas grand'chose. On nous dira que, par les moyens ordinaires, en moins d'une minute on a obtenu d'excellentes images. Peut-être cela est-il remarquable ;

le tout serait de savoir de quoi il s'agit. Nous avons cité tels objets dont la cathodographie exige moins de temps encore. Meslin a même réalisé la *cathodographie instantanée*. Il place un fil de platine ou une pièce d'or à un centimètre de la source, fait à la main une seule interruption de l'inducteur et enlève le cliché. La pose dure donc tout juste autant que l'étincelle. On ne peut pas dépasser ce minimum (Comptes rendus, 30 mars, p. 778).

Plus commode, plus rapide, préférable de tous points à la cathodographie sera l'*observation quasi directe au moyen de la fluorescence*, quand elle pourra se faire dans de bonnes conditions de luminosité.

A l'exemple de Röntgen, on emploie communément l'écran au platinocyanure de baryum : c'est un morceau de carton bristol sur lequel on a fixé au moyen de glycérine, par exemple, la substance précitée, une poussière d'un jaune d'or. La netteté de l'image, l'emploie du diaphragme la garantit ; mais la lueur est trop faible. Elle suffit à reconnaître les contours délicats d'une pièce de métal ajourée cachée dans la pochette intérieure d'un double porte-monnaie. Les métacarpiens ou os de la paume se voient nettement dans une main d'adulte ; on y distingue les phalanges des doigts. Dans le bras, on devine le radius et le cubitus. Mais diagnostiquer une transformation des os à l'aide de l'écran banal est une pure impossibilité.

Récemment le Dr Edm. Van Melckebeke d'Anvers a préconisé l'emploi du florure double d'uranyle et d'ammonium.

Le R. P. Van Geersdaele, S. J., a fait des écrans au moyen de cette substance. Son procédé sera publié dans le Bulletin de la réunion de Pâques de la Société scientifique de Bruxelles. Comme luminosité, le fluorure double d'uranyle et d'ammonium vaut le platinocyanure de baryum ; il a sur lui l'avantage très appréciable de coûter environ 60 fois moins cher.

Édison vient de câbler à lord Kelvin que le tungstate de calcium est merveilleux. « Il rendrait la photographie inutile. »

Il ne semble pas que le tungstate de calcium consente à tenir la promesse faite par Édison en son nom ; à moins toutefois que le savant américain ne nous en fasse connaître une modification différente de celle qui a été étudiée en Angleterre. Cela n'est pas impossible. La phosphorescence et la fluorescence tiennent parfois à de si légers détails,— même à certaines impuretés du produit.

Toujours est-il que, pour le moment, la meilleure substance luminescente aux rayons X paraît être le *platinocyanure de potassium*. S. P. Thompson nous dit qu'il est douze fois plus lumineux que le platinocyanure de baryum, et qu'avec un écran de 18 centimètres de diamètre et un bon tube il a fait voir l'ombre des os de la main, l'espace entre les os du bras, et le contenu d'une bourse, à une vingtaine de personnes à la fois (Comptes rendus, 7 avril).

Dans ces conditions, ou entrevoit la possibilité de la photographie presque instantanée des silhouettes peintes sur l'écran luminescent, photographie ordinaire, s'entend. Ce serait un grand progrès.

Déjà Electrical Review propose l'application industrielle de l'écran fluorescent, par exemple au contrôle de l'homogénéité des plaques métalliques, à l'inspection des installations électriques intérieures. Sans toucher aux moulures qui les dissimulent, ni à l'enduit qui les isole, on vérifierait la grosseur des fils conducteurs, leurs joints, l'état des soudures, etc.

La cathodographie réussit très bien à déceler certaines impuretés qui servent à falsifier tel ou tel produit. Sur l'invitation de M. Ranwez, professeur à l'Université de Louvain, le R. P. Thirion a soumis au rayonnement X quatre échantillons de safran disposés sur une même plaque. Le safran pur s'est montré transparent. Dans les trois autres

échantillons, on remarque des fibrilles opaques d'autant plus nombreuses que l'échantillon est plus impur. L'agent de cette falsification est le sulfate de baryte : ses deux composants, soufre et baryum, de poids atomique élevé, lui donnent une très grande opacité aux rayons Röntgen.

La même méthode découvrirait également le kaolin, le plâtre, frauduleusement incorporés à la farine.

Elle peut même servir à distinguer le diamant et le jais naturels de leurs imitations. Le diamant est imité le plus souvent par des verres denses riches en plomb, d'indice de réfraction élevé ; parfois, on taille en brillants le cristal de roche, le corindon, le grenat décoloré, etc. ; ces imitations sont beaucoup plus opaques aux rayons X que le diamant véritable (Buguet et Gascard) (1). Tel qu'il est, le procédé a cet avantage qu'avec son aide on peut éprouver ces pierres dans leurs montures, sans leur faire courir de risques. En outre, l'emploi des plaques sensibles fournit des documents durables, susceptibles d'être produits partout. Il a pourtant l'inconvénient d'être long et dispendieux. Les recherches de vérifications courantes ne peuvent s'en accommoder.

Une fois de plus, il serait vivement à souhaiter que l'écran fluorescent, rendu plus lumineux, devienne d'autant plus efficace et plus pratique. Toutefois, dès maintenant, on réussit à répéter les essais précédents vite et sûrement avec un tube médiocre et un écran luminescent. Comme toujours, l'emploi du diaphragme est vivement à recommander.

A propos des écrans fluorescents, les journaux ont fait grand bruit autour d'un appareil inventé par M. Salvioni et aussi, à ce qu'il semble, par M. Swinton. La description vague ou étrange qu'ils donnent de son principe ne permet guère de s'en faire une idée. Volontiers on croirait

(1) Buguet et Gascard viennent de publier dans LA NATURE (n° 1193, 11 avril, pp. 293, 294) un exposé détaillé et fort intéressant de l'ensemble de leurs recherches sur *Les Rayons X et le diamant.*

qu'il s'agit d'un tube abritant l'œil contre toute lumière étrangère et, par suite, favorisant l'observation d'un champ assez faiblement éclairé. Une extrémité du tube serait fermée par un écran au platinocyanure, et l'autre porterait une lentille faisant office de loupe. A ce compte, M. Salvioni n'aurait fait que simplifier légèrement le procédé courant des expériences relatées tout à l'heure et que tous ceux qui se sont occupés des rayons X ont, sans doute, répétées.

Nous venons de décrire les deux méthodes d'observation des rayons X, les principaux perfectionnements qu'elles ont déjà reçus et leurs desiderata. Écrans fluorescents et plaques photographiques ont été employés de pair dans des recherches nombreuses et variées sur les propriétés des rayons X. Plusieurs fois, dans le cours de notre exposé, nous avons fait allusion à ces recherches. Nous avons maintenant à en grouper les principaux résultats.

Röntgen et d'autres physiciens à sa suite vérifièrent d'abord qu'*aucun corps n'est essentiellement opaque au rayonnement X,* et mesurèrent avec plus ou moins de précision le *pouvoir absorbant* de diverses substances.

Parmi les *solides,* le papier est très transparent : l'écran fluorescent s'illumine quand on le place derrière un livre de mille pages ; l'encre d'imprimerie n'offre pas de résistance sensible. Des planches de deux à trois centimètres d'épaisseur absorbent très peu les rayons. C'est d'ailleurs là un caractère qui accompagne le carbone dans ses différents états (charbon, graphite, lignite, diamant). Cet exemple montre bien que la transparence à la lumière naturelle et aux rayons X sont des propriétés d'ordres absolument distincts, indépendantes l'une de l'autre. L'ébonite, corps très opaque, est transparente au rayonnement du tube à décharges sous une épaisseur de plusieurs centimètres, tandis que le verre ordinaire, le cristal

surtout, en raison du plomb qui entre dans sa composition, constituent pour ces mêmes rayons un obstacle sérieux.

Les *métaux* sont assez opaques. Le plus opaque des métaux solides usuels, le platine, est facilement traversé à l'état de feuille extra-mince de $0,01^{mm}$ d'épaisseur ; mais déjà une feuille de $0,2^{mm}$ de cette substance constitue un écran parfait. L'aluminium est exceptionnellement transparent : un bloc de 15^{mm} d'épaisseur diminue beaucoup la fluorescence, mais ne l'éteint pas tout à fait. L'aluminium est 200 fois plus transparent que le platine et environ 70 fois plus que le plomb.

Naturellement on s'est demandé à quoi pouvaient s'attribuer ces inégalités de transparence. Un simple coup d'œil sur les détails qui précèdent fait pressentir une connexion intime entre la densité des corps et leur pouvoir absorbant à l'égard des rayons X. Plus un solide est lourd, plus il est opaque (vérifié sur cinquante solides par Battelli et Garbasso). L'opacité des corps croît notablement plus vite que leur densité. Mais on ne peut pas dire que, de deux solides inégalement absorbants, celui qui l'est le moins est nécessairement plus léger que l'autre. Ainsi le spath d'Islande est beaucoup plus transparent que le verre et le quartz, bien qu'il ait approximativement la même densité (Röntgen).

Treize *liquides* étudiés au même point de vue et classés suivant leur transparence se sont trouvés, comme les solides, rangés dans l'ordre de leur légèreté ; mais, à égale densité, ils sont un peu plus transparents que les solides (Battelli et Garbasso). L'opacité du mercure est énorme, de l'ordre de celle du platine. Perrin injecta de mercure le système circulatoire d'une grenouille et obtint la cathodographie du réseau des artères et des veines. Pourtant, chose assez étrange, le zinc amalgamé montre une certaine transparence (Chabaud).

Les *gaz* sont transparents, et tous sensiblement au même degré, quelle que soit la différence entre les

densités : l'hydrogène, quinze fois plus léger que l'air, n'est guère plus transparent que lui. C'est là une nouvelle divergence entre les rayons X et les rayons de cathode.

L'espèce chimique exerce une influence très considérable sur le pouvoir absorbant des corps composés.

Les sels métalliques solides ou en solution se comportent généralement comme les métaux eux-mêmes (Röntgen) ; l'opacité croît avec les poids atomiques du métal et du métalloïde.

Nos encres étant d'ordinaire à base métallique, ne doit-on pas craindre de voir le secret des correspondances livrées, même à travers l'enveloppe scellée et cachetée, à de trop faciles indiscrétions? Nullement. L'essai a été fait. La teneur en métal est sans doute trop faible. Mais, insistera un esprit inquiet, l'insuccès ne tient-il pas à un défaut de sensibilité du procédé actuel, et ce procédé ne va-t-il pas être perfectionné incessamment? Nimporte : rien de plus simple que d'échapper à toute crainte. Employons exclusivement les encres d'aniline : elles sont exemptes d'éléments métalliques et composées seulement de carbone, d'hydrogène et d'azote. Or, Meslans l'a montré, le carbone, combiné à ces éléments ou encore à l'oxygène, est doué d'une transparence toute particulière. Voilà pour les fabricants d'anilines un thème à réclames fin de siècle.

Ajoutons sans retard que l'introduction dans la molécule organique d'autres éléments minéraux et, en particulier, du chlore, du soufre, du phosphore et surtout de l'iode, lui donne une opacité considérable (Meslans). Nous aurons tout à l'heure des conclusions à tirer de ces résultats.

Les expériences de Ch. Girard et F. Bordas sur la composition des *engins explosifs* doivent être citées. La cathodographie révèle d'abord évidemment la présence d'une boîte en métal suspecte cachée dans une enveloppe transparente aux rayons X, par exemple dans un livre évidé. Si, en outre, la boîte renfermant l'explosif est en bois, on

pourra y révéler l'inclusion de certaines matières dangereuses : les résultats obtenus par Meslans nous permettent de prédire que, par exemple, le *ferrocyanure*, le *chlorate* de potasse, le *soufre* trahiront leur présence par leurs ombres. Malheureusement, d'autres composés bien plus terribles que les substances précédentes, comme la nitroglycérine, échappent aux investigations du nouvel agent.

Il n'est pas même nécessaire, semble-t-il, que la boîte soit en bois ou autre matière transparente aux rayons X. Si elle est opaque, le sulfure phosphorescent de Ch. Henry permettrait sans doute d'en explorer le contenu sans l'ouvrir.

Un mot sur l'*insensibilité de la rétine*. Quelque près que l'œil soit de l'appareil à décharges, il ne voit absolument rien. Röntgen déclare dans son mémoire (n° 6) que cela n'est pas dû à un défaut de perméabilité de la part de l'œil. Il croyait pouvoir le conclure de ses expériences.

La question a été reprise de divers côtés. X. Dariex et de Rochas veulent que, contrairement à l'opinion de Röntgen, l'insensibilité de l'œil tienne avant tout à la forte absorption de ces rayons par les milieux de l'œil. Frédericq à son tour a trouvé que le cristallin est assez transparent : il l'est à peine moins que les cartilages ou les muscles, par exemple. Or, ajoute-t-il, ces tissus ne laissent pas de trace sensible sur les épreuves cathodographiques.

Cette réfutation de Dariex et de Rochas est-elle péremptoire ?

Une chose est certaine. Quand la pose est très réduite, les chairs portent une ombre très sensible sur les plaques photographiques, et si, à la fin, elles s'atténuent et disparaissent, c'est que les effets successifs des rayons constamment envoyés par le tube s'ajoutent toujours au même point et finissent par former une somme considérable. Les choses ne se passent pas précisément de même dans l'œil. A la vérité, cet organe se fatigue sous un rayon-

nement intense, et, plongé dans l'obscurité, il s'habitue peu à peu à saisir de faibles lueurs qui lui échappaient d'abord; mais cela est affaire de disposition, de conditions d'observation, et non le résultat de l'addition d'effets successifs. L'œil, même parfaitement reposé, ne reste-t-il pas toujours insensible à des radiations comprises dans la gamme du spectre visible, mais d'une énergie inférieure à une certaine valeur que l'on pourrait sans doute préciser ?

Néanmoins, nous nous rallions à l'opinion de Fréericq quand il place *la cause de l'insensibilité de la rétine* dans *la nature même des rayons X*. Nous savons, dit-il, que l'excitant spécifique des cônes ou des bâtonnets est exclusivement représenté par une catégorie d'ondulations éthérées à période déterminée (rayons du spectre solaire compris entre le rouge et l'ultra-violet). Il est donc tout naturel que les rayons X, que personne ne songe à ranger dans la catégorie de ces rayons spectraux, se montrent indifférents vis-à-vis de la rétine, comme ils se montreront sans doute inactifs vis-à-vis des autres organes des sens : l'oreille, la langue, la peau...

Nous ne voudrions cependant pas nier que le cristallin ne puisse être un obstacle à la transmission de certaines radiations. On sait en effet que, chez les sujets opérés de la cataracte, la rétine est sensible à des rayons que ne perçoit pas l'œil normal.

Quant aux autres organes des sens, Lénard a pu constater une influence des rayons cathodiques sur le goût. Il croit, il est vrai, devoir l'attribuer, de même que leur odeur apparente, à la production de l'ozone. Mais la preuve n'en est pas faite, et, à leur sujet comme à celui des rayons X, la réserve est le parti le plus sûr.

Une autre application des résultats recueillis sur la transparence aux rayons X des diverses substances intéresse directement la technique de leur production. Un point extrêmement important à cet égard est la valeur du

tube. Et cette remarque n'est pas absolument naïve, vu la rareté des bons tubes. Qu'on les choisisse donc avec soin ! Le conseil est aisé à donner. Malheureusement, pas un constructeur peut-être ne pourrait nous définir avec certitude les conditions d'un bon tube. Il reste toujours la possibilité de l'essayer ! Oui, cela nous garantira la valeur actuelle, mais combien de temps la gardera-t-il ? Pour une raison ou pour une autre, difficile à éclaicir, des tubes excellents se sont refusés bientôt à travailler. Du reste, il est à souhaiter que le prix de ces appareils baisse considérablement, ce qui n'arrivera qu'au moment où les constructeurs auront établi les règles fixes et infaillibles de la production d'un bon tube.

Les recherches de Chabaud élucident un premier point : la question de la *nature du verre à employer pour l'ampoule*. Les verres à base de soude, de potasse, de chaux et le verre allemand sont les bons : ils sont très transparents aux rayons X. Mais il faut rejeter les tubes de cristal et ceux en verre d'urane.

Nous avons eu la chance de constater de notre côté l'excellence du verre de Bohême. Il se fabrique avec le carbonate de potassium uni au carbonate de calcium et à la silice pure. Notre meilleur tube est tout simplement un vase d'Erlenmeyer en verre de Bohême transformé, à titre d'essai peut-être, en ampoule de Crookes. Sa phosphorescence propre est loin d'être bien vive, mais son rendement en rayons X est élevé, supérieur à celui d'un tube en verre d'Allemagne fourni par la même maison (Leybold's Nachfolger de Cologne).

Une qualité du verre de Bohême très appréciée dans l'occurrence est son point de fusion très élevé. Sous le rayonnement cathodique, la paroi de l'ampoule s'échauffe considérablement ; elle peut être portée à l'état pâteux par une action prolongée. Inévitablement alors, sous l'effort de la pression extérieure, une fissure se produit et le tube est hors d'usage. Si l'on emploie pour les tubes le

verre d'Allemagne fusible qui a beaucoup servi à la construction des anciens appareils de Crookes, le danger que nous signalons est plus grand ; un verre de Bohême résistera mieux. Et si l'on veut se mettre à l'abri de tout accident, il suffira de plonger l'extrémité anticathodique du tube dans un petit vase de celluloïd rempli d'eau (d'Arsonval).

S. P. Thompson (Comptes rendus, 7 avril, p. 807) s'est efforcé de fixer une *seconde règle pour la construction des tubes* à rayons X. Quel *degré de vide* faut-il réaliser pour obtenir un bon rendement ?

Jusqu'ici nous nous étions contenté de dire que le vide de Crookes était nécessaire pour la production des rayons Röntgen. Cela ne suffit pas tout à fait. Les ombres cathodiques, la luminescence des parois apparaissent avant que ces rayons ne soient émis en quantité notable. Le moment précis auquel il convient d'arrêter l'opération coïncide avec une assez brusque variation de la résistance du tube.

Pour déterminer ce moment, on met en dérivation sur le circuit qui contient le tube un excitateur à pointes. Quand la résistance du tube est si faible que l'étincelle ne jaillit plus entre ces pointes, écartées seulement de 2^{mm}, on obtient les phénomènes de Crookes. Mais à ce moment un écran fluorescent ne montre pas encore la moindre trace de rayons X ; toutefois une plaque sensible, exposée assez longtemps, donne une image. On continue l'évacuation, et, brusquement, il se produit un accroissement de résistance tel qu'il faut écarter les pointes de l'excitateur de plusieurs centimètres. C'est juste à cet instant qu'éclatent les rayons X (1).

Pendant cet accroissement de résistance, on observe le tube au moyen de l'écran fluorescent. Mais pour pou-

(1) Si le tube n'a jamais été vidé auparavant, le passage de l'état de faible résistance à celui d'une résistance plus grande ne se produit pas aussi subitement; mais si le tube a déjà été amené au second état, et qu'on laisse rentrer un peu d'air pour recommencer l'évacuation et éliminer les gaz absorbés par les parois et par les électrodes, alors le passage est très brusque.

voir décrire les phénomènes signalés par S. P. Thompson, il nous faut ajouter que, dans ses tubes, le jet cathodique n'est pas reçu directement sur la paroi opposée. Le savant professeur dispose à l'intérieur de ses ampoules une lame inclinée de 30° à 40° sur l'axe de l'appareil : cette lame est en platine nu ou recouvert soit de verre, soit d'un émail phosphorescent, composé de sulfure de calcium et d'émail transparent ordinaire. C'est elle qui est opposée au rayonnement du pôle négatif, et il l'appelle *anticathode* (1).

Voici donc ce que l'on trouve pendant la variation brusque de la résistance. Dans toute l'ampoule s'est développée une lueur, excepté dans le plan de l'anticathode. Car, sur l'écran fluorescent, se projette une ligne noire très nette entre deux régions éclairées. La ligne noire — on s'en assure facilement — correspond au plan de l'anticathode. Des deux portions éclairées, l'une reçoit sa lumière de la région au-dessus de l'anticathode, l'autre de la région au-dessous. La trompe de Sprengel fonctionnant toujours, la région située derrière l'anticathode s'assombrit de plus en plus, et, après deux ou trois secondes, on ne voit plus sur l'écran qu'une région noire et une région lumineuse, dont la limite oblique correspond à la position du plan de l'anticathode. Le tube est alors dans la meilleure condition pour produire les effets Röntgen, soit par voie actinique, soit par illumination des écrans fluorescents.

Il n'y a qu'à perdre à pousser le vide plus loin (2).

(1) Nous conserverons cette dénomination, et nous l'appliquerons non seulement à cette lame mais encore à toute portion de surface soit de la paroi, soit de tout autre objet intérieur au tube frappé par les rayons cathodiques.

(2) On a remarqué que le degré du vide allait en augmentant dans certains tubes de Crookes et que ceux-ci ne tardent pas à ne plus fonctionner. On peut alors leur rendre leurs propriétés premières en les réchauffant dans une étuve à 200° (A. Lafay, COMPTES RENDUS, 7 avril, p. 810). Cela est d'accord avec le résultat de Gouy, qui a montré que les rayons cathodiques font pénétrer dans le verre les gaz du tube, qui restent ensuite occlus jusqu'à ce que le ramollissement du verre par la chaleur les mette en liberté (COMPTES RENDUS, 30 mars, p. 775).

James Chappuis, de son côté, trouve que le tube devient bon quand la pression intérieure est voisine de $\frac{1}{500}$ de millimètre de mercure ou de trois millionièmes d'atmosphère (Comptes rendus, 30 mars, p. 778).

Nous avons déjà dit que James Chappuis avait obtenu le squelette d'une main d'adulte en *une* minute. S. P. Thompson, avec les tubes dont nous venons de décrire la construction, atteint le même résultat en 40 secondes. 20 secondes suffisent à cathodographier des monnaies renfermées dans une bourse. G. Meslin tient toujours le record : une silhouette des os de la main en 25 secondes !

Nous avons donc établi que les nouveaux rayons se propagent dans l'air, passent à travers les corps. Voyons maintenant quelles sont les lois qui régissent la direction de cette propagation; et, pour suivre l'ordre classique, étudions successivement la propagation à travers un milieu homogène, puis la déviation subie à la surface de séparation de deux milieux, enfin la déviation au passage d'un milieu dans un autre.

Ces considérations seront nécessairement un peu arides. Les résultats acquis jusqu'ici sont vagues, flottants, incomplets. Nous traiterons ces questions brièvement.

Propagation à travers un milieu homogène. — *Dans un milieu homogène*, comme l'air, *les rayons X marchent en ligne droite* (Röntgen). Cette proposition se déduit immédiatement de la régularité des silhouettes que l'on obtient en interposant un corps plus ou moins opaque aux rayons X entre la source et un écran fluorescent ou une plaque photographique. Ce que l'on observe sur l'écran, c'est l'ombre portée par le corps opaque interposé, absolument comme lorsque, entre une source de lumière ordinaire et une surface qu'elle éclaire, nous interposons un corps non transparent. Les rayons X se propagent donc à ce point de vue comme les rayons lumineux. C'est précisément en

vertu de cette propriété que Röntgen les a appelés « rayons. »

Les silhouettes des corps opaques noyés dans des milieux transparents aux rayons X, comme les os dans les chairs, la vrille d'un tire-bouchon dans un bouchon, sont régulières elles aussi. Les rayons X se propagent donc rectilignement non seulement dans l'air, mais en général dans tous les milieux qui leur sont perméables.

Perrin reprit la démonstration directe de cette première propriété au moyen d'un dispositif simple qu'il est inutile de décrire. Son résultat fut la confirmation de celui de Röntgen.

Une autre vérification intéressante indiquée par Röntgen, et qui a été renouvelée dans notre laboratoire de Louvain, consiste à prendre à la chambre obscure la cathodographie de toute la région active de la paroi du tube. Soit un appareil ordinaire de photographie. L'objectif, qui n'a rien à voir avec les rayons X, a été remplacé par une plaque de métal formant écran parfait à ces rayons. Une ouverture d'un millimètre de diamètre y est pratiquée. Chacun sait que cet appareil étant tourné vers un objet éclairé, l'image renversée de cet objet vient de peindre sur la glace dépolie, image plus ou moins grande suivant la distance de l'objet à l'ouverture et de l'ouverture à la glace dépolie, mais toujours nette avec une ouverture petite. Devant l'ouverture, plaçons un tube de Crookes en activité. Les choses restant dans l'état, si l'on remplaçait la glace dépolie par une plaque sensible, on obtiendrait dans une pièce obscure une image du tube identique à celle que perçoit l'œil. Mais, sur l'ouverture, collons deux ou trois feuilles de papier noir. La lumière est arrêtée, les rayons X conservent seuls la faculté de passer par le petit orifice et vont dessiner sur la plaque sensible l'image de tous les points du tube d'où émanent les rayons X. L'image est faible en raison de l'exiguïté d'énergie rayonnante reçue à travers une ouverture aussi réduite ; mais elle est très

nette. Et sa formation suppose nécessairement la propagation rectiligne des rayons actifs.

Déviation à la surface de séparation de deux milieux différents, ou, plus simplement, *étude de la réflexion des rayons X. — Les rayons X ne subissent pas la réflexion régulière* (Röntgen).

Un rayon de lumière ordinaire tombant sur une surface polie rebondit dans une direction parfaitement déterminée sans pénétrer dans le corps réfléchissant. Il n'en va pas de même des rayons X. Perrin le vérifia au moyen de deux miroirs faits de substances opaques aux nouvelles radiations. Un pinceau de rayons X défini par deux fentes de $0^{mm},5$, distantes de 4 centimètres, rencontrait sous un angle de 45° un miroir d'acier poli, d'où, après réflexion, il aurait pu tomber sur un châssis chargé ; après une heure de pose, on n'obtint absolument aucune impression. Il en a été de même avec une plaque de flint comme miroir, bien que la pose ait duré sept heures. Il n'y a donc pour les rayons X ni réflexion vitreuse ni réflexion métallique, ou, tout au moins, la proportion des rayons réfléchis régulièrement doit être très faible (Imbert et Bertin-Sans).

Les rayons X subissent, à la rencontre des corps qui leur sont opaques, la réflexion irrégulière ou diffusion, à la façon des rayons de lumière ordinaire tombant dans un milieu trouble (Röntgen). Il n'est pas douteux qu'une partie d'un faisceau de rayons X tombant sur un solide de grande densité ne revienne sur ses pas ; seulement ce retour ne s'effectue pas suivant une seule direction déterminée, si ce n'est peut-être pour une partie très faible du faisceau incident. La diffusion, au contraire, peut être considérable. Son intensité paraît dépendre beaucoup plus de la nature que du degré de poli du corps diffusant. Ce fait conduirait à attribuer aux nouveaux rayons une longueur d'onde très petite et telle qu'il n'est pas possible

de réaliser le degré de poli nécessaire pour en déterminer la réflexion régulière. Dans ce cas, les rayons pourraient pénétrer à l'intérieur des corps et seraient alors renvoyés par les molécules dans toutes les directions.

C'est par la diffusion, semble-t-il, qu'il faut expliquer une curieuse expérience de Röntgen, où l'on pourrait être tenté de voir un phénomène de réflexion proprement dite.

Une plaque photographique, protégée par une feuille de papier noir, est exposée aux rayons X de façon que la face libre regarde le tube à vide. Sur la couche sensible, on place des étoiles de platine, de plomb, de zinc, d'aluminium, etc. Au développement, on trouve la plaque fortement impressionnée devant le platine, le plomb, spécialement devant le zinc ; l'aluminium ne donne pas d'image. Il y a eu diffusion du rayonnement X dans les premières couches des corps opaques, et transmission sans obstacle à travers l'aluminium.

Réfraction. — Une autre expérience de Röntgen semblerait prouver que les rayons X ne sont pas davantage réfractés par les corps. On sait, en effet, que les corps transparents à la lumière ordinaire se montrent opaques quand ils sont réduits en poudre. Le sel gemme, par exemple, est transparent, tandis que le sel en poudre est blanc et opaque. Cela tient aux réflexions et réfractions multiples éprouvées à la surface de tous les grains de sel. Une grande partie de la lumière finit par être renvoyée du côté de la lumière incidente, et presque rien ne traverse la couche de poussière. Or, les rayons X traversent avec la même facilité une épaisseur égale d'un corps à l'état de solide compact et à l'état de poussière (argent électrolytique, poussière de zinc).

Röntgen eut la prudence de ne pas conclure positivement à l'absence de réfraction. Au surplus, si des prismes d'eau et de sulfure de carbone ne lui avaient fait voir aucune déviation, des prismes d'aluminium lui avaient

permis d'en soupçonner une. Toutefois, dans cette question délicate, ses mesures paraissent avoir un peu manqué de précision.

D'après les expériences récentes de Perrin, *la réfraction dans les prismes d'aluminium est certaine.* Elle a été nettement observée avec trois prismes différents. L'indice serait inférieur à l'unité.

Trouvera-t-on une lentille pour concentrer les rayons X? On avait pour ainsi dire renoncé à cet espoir après les premiers essais de Röntgen : des lentilles d'ébonite et de verre de grandes dimensions n'avaient montré aucun pouvoir convergent. Perrin a trouvé, en outre, que la paraffine et la cire ne pouvaient rendre aucun service. La lentille de verre eût toujours été peu avantageuse, à cause de la grande résistance offerte par cette substance au passage des rayons X. Dès lors qu'une réfraction a été observée, il n'est peut-être pas interdit d'espérer qu'on rencontrera une substance douée simultanément d'une grande transparente et d'un pouvoir réfringent notable. Modelée suivant la forme convenable, cette substance rendrait dans la cathodographie des services analogues à ceux des lentilles ordinaires en photographie.

Le R. P. Thirion a imaginé une expérience qui fait bien ressortir la différence qu'il y a entre la lumière ordinaire et les rayons X au point de vue de la réfraction. Il prend trois tubes à essai en verre mince, verse dans le premier de l'eau, dans le second du sulfure de carbone, dans le troisième du baume de Canada, et plonge dans chacun de ces liquides une baguette de verre. Les trois tubes sont placés devant une plaque photographique, enveloppée de papier aiguille, et le tout est exposé au rayonnement X.

A la lumière ordinaire, la réfraction fait paraître la partie de la baguette qui plonge dans l'eau plus mince que celle qui émerge de ce liquide ; inversement, dans le tube

à sulfure de carbone, la partie immergée semble plus grosse que l'autre ; et dans le baume de Canada, dont l'indice de réfraction est égal à celui du verre, la baguette disparaît et tout le contenu du tube est uniformément transparent.

Sur le cliché fourni par les rayons X, les apparences sont tout autres. D'abord, le sulfure de carbone est très opaque à ces rayons, et l'ombre de la baguette, à partir du point d'immersion, se perd dans l'ombre de ce liquide. En revanche, le baume de Canada, étant assez transparent aux rayons Röntgen, ne produit qu'une ombre légère sur laquelle se détache en noir la silhouette de la portion de la baguette qui y plonge. En outre, pas de trace sensible de réfraction : l'ombre de la portion de baguette en dehors du liquide et celle de la portion immergée ont même diamètre. Résultat analogue pour le troisième tube à essai : la baguette de verre se différencie nettement de l'eau et sa grosseur apparente est invariable sur toute sa longueur.

Nous ne citerons que pour mémoire les résultats négatifs obtenus par Röntgen dans ses recherches *sur l'interférence des rayons X* et *sur l'action* qu'ils pourraient subir de la part *des corps cristallisés*. Perrin n'a pas pu davantage produire avec eux des franges de *diffraction*. Ces questions sont délicates : la difficulté que l'on éprouve jusqu'ici à dévier les rayons X, — vu qu'ils ne se réfléchissent pas régulièrement, se réfractent à peine et sont insensibles à l'aimant, — rend en particulier les expériences d'interférence presque impossibles.

Galitzine et de Karnojitski, au moyen de lames minces de tourmaline, paraissent avoir établi que les rayons X peuvent se polariser. Cela prouverait qu'ils sont dus à des vibrations transversales de l'éther comme les radiations lumineuses (Comptes rendus, 23 mars, p. 718).

A la vérité, Henri Becquerel a fait la même expérience et a obtenu un résultat négatif (Comptes rendus, 30 mars, p. 762). L'affirmation des savants russes demande donc à

être soumise à un nouveau contrôle. On peut augurer qu'elle en sortira indemne, vu que leur essai a été renouvelé jusqu'à huit fois, toujours avec le même succès. Pour renforcer leurs négatifs, ils ont en recours à un ingénieux procédé dû à Bourinsky. On conçoit que, grâce à ce moyen, ils aient pu mettre en évidence une action très faible qui autrement eût passé inaperçue.

Venons maintenant aux questions ultérieures qui intéressent plus directement les applications actuelles des rayons X.

Centres d'émission des rayons X. — La propagation rectiligne des rayons X à travers l'air une fois établie, il est facile de déterminer quels sont les points d'où ils émanent. La première hypothèse qui se présente à l'esprit, c'est que ces rayons partent de la cathode tout comme les rayons cathodiques, traversent le verre de l'ampoule et, de là, vont en ligne droite par l'atmosphère. De nombreux essais montrèrent à Röntgen qu'il n'en est pas ainsi.

La source des rayons X n'est pas à la cathode, mais sur la paroi interne du tube, ou, plus généralement, aux points où un obstacle quelconque arrête le rayonnement cathodique. De ces points les rayons partent dans toutes les directions (Röntgen ; vérifié et généralisé par Perrin et S. P. Thompson). — La vérification est aisée. Il suffit d'observer l'ombre portée par un corps opaque sur l'écran fluorescent ou sur la plaque sensible.

Il est étrange que quelques observateurs aient cru avoir établi que les rayons X partaient de la cathode elle-même. Que font-ils donc de cette expérience de Röntgen si facile à répéter ? On interpose à une certaine distance de la plaque et du tube un objet opaque, une petite pièce de monnaie par exemple, et l'on met le tube en activité. L'ombre portée a une position déterminée. Après deux ou trois minutes, on approche un aimant du tube de façon à dévier nettement le jet cathodique et à transporter ainsi

de côté la grande fluorescence ; on pose encore une minute ou deux (pas trop longtemps, de peur d'effacer la première ombre). Sur la plaque, au développement, on trouve deux ombres de l'objet opaque, dans des positions qui indiquent bien l'exactitude de la proposition de Röntgen.

Sous le jet cathodique, les parois du tube et divers obstacles atteints par ce jet deviennent luminescents. Quelle est l'importance de ce phénomène? La luminescence comme telle n'agit-elle que faiblement? Tout porte à le croire, vu que Röntgen a obtenu des rayons X au moyen d'un tube fermé par une lame d'aluminium de 2^{mm} d'épaisseur. La fluorescence visible n'est donc pas nécessaire. Mais, au moins, est-elle dans les tubes de verre la marque des régions actives. Toutefois nous nous garderions bien de dire que, de deux plages voisines, la plus brillante est la plus active. Nous avons exécuté nous-même une photographie qui démontre la grande efficacité du centre de la région d'éclat maximum de notre meilleur tube : or ce centre est plus sombre que la région annulaire qui l'entoure, et qui est un peu moins énergique que lui.

Plus étrange encore est l'affirmation qui prétend que les rayons X émanent de l'anode. Pour nous, nous n'avons pu déceler qu'une action photographique d'une faiblesse extrême en face de l'anode, et aucune action fluorescente sur l'écran au platinocyanure.

Ce dernier point a été vérifié vingt fois. Très souvent nous avons refait des essais au moyen du dit écran, souvent aussi nous avons montré à des visiteurs ces phénomènes curieux. La manœuvre du commutateur amenait-elle l'anode en face de l'écran au platinocyanure, celui-ci restait obscur, tandis qu'il s'illuminait vivement quand, par le renversement du courant, il se trouvait en face de la plage luminescente sous le rayonnement cathodique.

Quant à la photographie, nous avons fait deux clichés relatifs à la question qui nous occupe. Nous allons les décrire. Chacun porte un certain nombre d'images d'un

objet identique, ayant posé toujours le même temps, mais sous des rayonnements différents. La plaque était divisée en compartiments égaux par des écrans mobiles. A chacun de ces écrans, pendant la durée d'une pose partielle, on substituait l'objet. Puis l'écran était replacé sur le compartiment impressionné.

L'identité de l'objet, de la plaque, du développement, de toutes les conditions, en un mot, à part celles-là seulement dont nous voulions apprécier l'influence, nous garantissait des résultats parfaitement comparables.

La première plaque a pour but de rechercher l'*efficacité photographique respective des diverses régions du tube.*

L'objet est une spirale d'un centimètre de diamètre en fil de fer. Ses diverses portions sont à des distances variables de la plaque ; il sera difficile d'en avoir une cathodographie nette. C'est ce qui a dicté notre choix.

Le tube reste toujours à dix centimètres de la plaque. Chaque compartiment pose deux minutes.

Ici, comme dans la plupart de nos expériences, le châssis est constitué par un simple sachet de soie caoutchoutée.

Nous employons d'abord le tube totalement découvert, afin d'apprécier l'intensité du rayonnement total. Comme résultat, le fond du compartiment est énergiquement attaqué. Sur ce fond clair se détachent des traits d'ombres parallèles, énergiques sur une très faible longueur, et se perdant bientôt dans une image absolument diffuse. Ce sont les portions de la spirale reposant directement sur le sachet : elles seules sont venues, le reste est perdu dans la pénombre ou dans la pleine lumière.

La seconde image est due au rayonnement exclusif d'une plage de 20^{mm} de diamètre découpée dans la région directement anticathodique et d'éclat fluorescent maximum. Pour délimiter cette région, on interpose entre la plaque et le tube, tout contre ce dernier, une large feuille de plomb dans laquelle une fenêtre de la dimension

indiquée a été découpée. Le centre de la région active est comme toujours dans la verticale du centre du compartiment en expérience. L'action lumineuse est moins forte sans contredit que dans le premier cas ; la suite nous donnera une mesure approximative de l'affaiblissement. Mais remarquons en passant que cette seconde image est incomparablement plus nette que la première, et malgré la difficulté de l'objet, malgré la proximité du tube, le flou ne se montre que dans les portions de la spirale les plus éloignées de la plaque.

L'éclat fluorescent de la partie anticathodique de notre tube n'est pas uniforme, même approximativement, et son intensité ne décroît pas régulièrement à partir du centre. La région centrale est relativement obscure, un anneau brillant l'entoure. C'est l'ensemble de ces deux régions qui, dans la seconde expérience, fournissait l'énergie actinique en action. Nous avons voulu savoir quelle était l'intensité relative de chacune d'elles.

La troisième image montre l'influence de la seule plage centrale obscure. On a réduit l'ouverture du diaphragme à n'avoir plus que 10^{mm} de diamètre ; sa surface n'a donc plus que le quart de sa valeur primitive. L'intensité de la photographie est notablement diminuée ; naturellement la netteté s'est accrue.

Le quatrième compartiment renferme l'image due à l'anneau lumineux qui entoure la plage centrale. Celle-ci a été cachée par un petit écran circulaire de 10^{mm} de diamètre. La surface active est ici trois fois plus grande que dans l'expérience précédente ; néanmoins cette image est plus faible que la troisième. La conclusion est que l'intensité actinique du rayonnement X des diverses plages de la région anticathodique ne répond pas exactement à leur fluorescence. Dans le passage de l'image 3 à l'image 4, la netteté a diminué, ainsi qu'il fallait s'y attendre.

On voit déjà que la grande partie de l'intensité photographique de notre tube à vide est ramassée sur une région

assez restreinte, et que cette intensité décroît rapidement dès qu'on s'en écarte.

La diminution du pouvoir actinique est énorme à une distance de 5 ou 6 centimètres de la région centrale, — distance comptée le long de la paroi; — l'extinction est presque complète.

L'image du cinquième compartiment répond à cette nouvelle plage intermédiaire entre les régions anticathodique et antianodique. La portion active avait de nouveau une ouverture de 20^{mm} : on l'avait prise sur le méridien du tube dont le plan est perpendiculaire au plan formé par les axes cathodique et anodique. L'image est perceptible sur le négatif et aussi sur les épreuves positives, mais à grand'peine, et à la condition de les faire miroiter.

Peut-être retrouverons-nous quelque centre actif important dans la région antianodique ? Il n'en est rien, et la sixième image, prise sous la plage frappée directement par le jet violacé que l'on voit par moments jaillir de l'anode, est aussi insignifiante que la cinquième.

Il est clair, après cela, que, dans notre tube du moins, le rayonnement X n'est pas dû à l'anode mais bien à la cathode, et s'il n'est pas impossible qu'il y ait rayonnement anodique, ce phénomène n'est pas général et doit tenir à des conditions particulières d'expérience; il n'est pas essentiellement lié à la production des rayons X au moyen des ampoules de Crookes.

Quant au faible rayonnement relevé sur la région antianodique et sur la plage intermédiaire entre les régions anticathodique et antianodique, on l'explique facilement dans l'hypothèse de l'efficacité de la seule anticathode. Prenons le cas le moins favorable à l'éparpillement du rayonnement cathodique, la cathode en forme de coupe. Dans ce cas, son rayonnement se concentre en grande partie sur une portion restreinte de la paroi opposée ; toutefois, de chacun des points de l'électrode négative émanent de maigres faisceaux de rayons à peu

près dans toutes les directions; de là une légère fluorescence répandue sur presque tout le tube, de là aussi une émission atténuée de rayons X de tous les points de la paroi ; cette fluorescence et ce rayonnement X sont encore assez sensibles sur la paroi latérale au niveau de la section transversale maximum, c'est-à-dire à la courbe de raccordement du tronc de cône qui forme le corps du tube et de la calotte qui le termine. Si des plaques sensibles sont disposées tout autour du tube à la hauteur de cette courbe, on y constatera une action actinique assez faible. Nous en avons fait l'essai.

Nous avons dit plus haut avec Röntgen et Perrin que la source du rayonnement X se trouve sur la paroi fluorescente : nous entendions surtout exclure l'hypothèse qui, à première vue, paraissait la plus naturelle, et qui consisterait à voir dans la cathode même le centre d'émission de ces rayons. Ce centre est très certainement plutôt à la paroi qu'à la cathode. Est-il exactement sur la paroi? Galitzine et de Karnojitski affirment qu'il ne correspond pas à la surface du tube, mais se trouve à l'intérieur, à une distance de quelques millimètres de la paroi. La chose est évidemment possible. Comment d'ailleurs raisonner *à priori* sur un rayonnement X ? Toutefois nous aimerions voir cette proposition confirmée par des mesures nombreuses et précises, exécutées avec des faisceaux déliés, définis par des diaphragmes d'ouverture réduite, non seulement avec des tubes illuminés par un jet cathodique régulier, mais encore avec un rayonnement contrarié, dévié par l'aimant, etc.

Tâchons maintenant de *comparer* avec une certaine précision *le rayonnement de la plage directement anticathodique à celui d'une région voisine.*

Notre seconde cathodographie nous renseigne à ce sujet. Elle est divisée en cinq compartiments sur chacun desquels on a cathodographié une même grenouille ; chaque fois,

le centre de la région active se trouvait dans la verticale du point de naissance des cuisses. L'ouverture du diaphragme resta la même dans toutes les expériences : 18 millimètres.

La région centrale d'éclat maximum a fourni les images 2, 3, 4 et 5 ; les distances seules du tube à la plaque ont varié d'un cas à l'autre : 10 centimètres pour l'image 2 ; 20 pour l'image 3, puis 30 et 40 pour 5 et 6 respectivement.

On a déplacé ensuite le diaphragme, formé ici d'une calotte de plomb appliquée sur le tube, de façon à découvrir une plage aussi voisine que possible de la région centrale. Il fallut le reculer de 23 millimètres de la position primitive. Le tube fut ramené à 10 centimètres de la plage comme pour l'image 2 ; on obtint l'image 6 ; or celle-ci est nettement plus faible que l'image 5.

Que s'ensuit-il ? Röntgen, nous l'avons dit, et, plus récemment, G. Meslin (Comptes rendus, 23 mars, p. 719, note 1) ont vérifié que la lumière fluorescente varie à peu près comme l'inverse du carré de la distance qui sépare l'écran du tube à décharges. Cette même loi a été retrouvée pour la variation de l'effet électrique des rayons X ; nous pouvons très vraisemblablement l'admettre aussi pour leur action actinique. Dès lors, les intensités respectives des images 2, 3, 4 et 5 seront comme les nombres 1, 1/4, 1/9, et 1/16, et nous concluons qu'en passant de la région d'éclat fluorescent maximum à la région immédiatement voisine, l'intensité photographique d'une plage égale tombe en dessous du seizième de sa valeur primitive.

Terminons et résumons cette étude du rendement en rayons X des diverses portions de la paroi du tube dans les mêmes termes qu'une note que M. Folie nous a fait l'honneur de présenter à l'Académie royale des sciences dans sa séance du 4 avril dernier :

« Ces résultats sont en parfait accord avec ce que montre

l'observation directe de la fluorescence produite sur l'écran au platinocyanure de baryum par les rayons X. Là aussi, quoique d'une façon moins précise, nous avons trouvé :

» 1° Que l'emploi d'un diaphragme de 18 millimètres d'ouverture, appliqué sur la région directement anticathodique, n'enlève qu'une faible partie de la lumière.

» 2° Que ce même procédé montre *nettement* les ombres des corps opaques aux rayons X sans que l'application immédiate de l'écran sur ces objets soit alors nécessaire (exemples : pièce en cuivre ajourée dans un porte-monnaie à double poche, os métacarpiens, articulations des phalanges des doigts).

» 3° Que les phénomènes perdent rapidement en éclat dès qu'on utilise non plus la région directement anticathodique, mais toute autre région même très voisine.

» 4° Que le jet anodique ne produit aucun effet perceptible. »

Dans les paragraphes précédents sont semés de ci de là bon nombre de détails qui intéressent la *technique de la cathodographie*. Nous allons ici rassembler ces détails et les préciser de façon à en déduire comme dans un tableau les conditions à réaliser pour accroître la perfection des silhouettes de Röntgen.

Une silhouette en général est d'autant plus nette que la source lumineuse est de surface plus restreinte, qu'elle est plus éloignée de l'objet, et que celui-ci est plus rapproché de l'écran sur lequel il porte ombre.

Devant le mur blanc d'une pièce éclairée par la longue flamme d'un bec de gaz à cheminée cylindrique, placez votre main les doigts écartés. Le mur est votre écran, vous y observerez l'ombre portée de votre main. Supposons une distance de deux mètres entre la flamme et la main, et 20 ou 30 centimètres de celle-ci au mur ; dans ces conditions, les effets à observer seront bien marqués. L'ombre est d'abord assez diffuse, ses contours sont flous, la pénombre

est notable. Mais priez un aide de réduire la flamme de moitié, et aussitôt vous verrez la silhouette gagner notablement en précision, elle sera beaucoup plus définie. Faites rendre à la flamme ses dimensions premières et modifiez la distance de votre main à l'écran : la rapprochez-vous du mur, l'ombre gagne en définition ; l'écartez-vous davantage, elle perd de plus en plus, la pénombre l'envahit progressivement. Transportez-vous devant un mur plus éloigné de la flamme, et pour une même dimension de celle-ci et une même distance de la main au mur vous avez une image plus nette que précédemment. La théorie très simple des ombres, que l'on trouve en tête de tous les traités d'optique, rend compte de ces phénomènes. — Évidemment, avec une source lumineuse de faible intensité, il faudra diminuer la distance de l'écran sous peine de n'obtenir plus qu'une ombre qui se distingue à peine de la plage éclairée. La netteté doit alors entrer en compromis avec la luminosité.

Ces considérations dictent d'abord la forme à donner à la cathode, ensuite les dispositions à adopter pour les objets, pour la paroi du tube source du rayonnement, et pour la plaque sensible qui sert d'écran (ou pour l'écran fluorescent).

La forme de la cathode doit être de préférence celle d'un miroir sphérique concave. D'après les principes exposés plus haut, les rayons cathodiques convergeront en son centre de courbure pour diverger ensuite. Ce centre doit se trouver assez rapproché de la paroi du tube. Il ne peut coïncider avec la paroi : trop facilement il l'échaufferait au point de la ramollir, ce qui entraînerait la ruine des tubes ; mais s'il en est voisin, le faisceau cathodique rencontre le verre suivant une plage circulaire restreinte qui constituera une source très abondante de rayons X. Poincaré est le promoteur de ce principe de construction. Les fabricants lui ont-ils donné l'attention que méritait la grande autorité de celui qui le proposait ? Nous ne savons.

Seguy recommande les tubes en boule à électrodes filiformes. Nous avouons ne pouvoir pas comprendre l'avantage qu'ils offriraient. La cathode filiforme dissémine les rayons cathodiques au lieu de les concentrer, la source des rayons X s'étend sur une surface notable.....

Ducretet préconise la forme poire allongée de grandes dimensions : 25 centimètres de longueur suivant le grand axe, sur 10 centimètres de largeur à la base de la calotte anticathodique. Un des principaux avantages de ces tubes serait, à cause de leur volume, de mieux tenir le vide. Cette forme est dérivée du tube de Crookes à croix d'aluminium.

La maison Geissler a adopté aussi la forme poire, mais elle a soin de donner à la cathode une forme assez concave. C'est l'idée de Poincaré et le dispositif que nous préférerions toujours.

Les tubes de S. P. Thompson décrits plus haut sont aussi fort à recommander.

La partie opaque des objets à cathodographier, les os, par exemple, s'appliquera toujours le plus possible contre la plaque.

Quelques doubles de papier aiguille forment un châssis excellent au point de vue de la faible épaisseur et de la transparence ; il a l'inconvénient de se percer très vite le long des plis et surtout aux coins. Le sachet en soie caoutchoutée livré par la maison Leybold's Nachfolger est beaucoup plus résistant. Il protège parfaitement la plaque contre la lumière du jour et son maniement est des plus commodes. Il est chargé en un instant.

Si les objets ne peuvent pas être amenés à moins de 10 ou 20 millimètres de la plaque, le tube devra être d'autant plus diaphragmé et d'autant plus éloigné du châssis. Pour une main d'homme fait appliquée par la paume sur le sachet de soie, un diaphragme de 18 millimètres d'ouverture et 12 à 15 centimètres du tube à la plaque nous ont donné une netteté irréprochable.

En dehors de la fluorescence et de la réduction des sels d'argent, on présume facilement que d'*autres influences* doivent être *exercées par les rayons X*. La communauté d'origine qu'ils ont avec les rayons cathodiques conduit tout naturellement à le penser.

Ainsi les rayons de cathode sont doués d'une énergie susceptible de produire de puissants effets calorifiques dont la mention se représente plusieurs fois au cours de ce travail. D'autre part, le phénomène de la fluorescence n'est-il pas lui-même une preuve de la faculté possédée par les rayons X de transformer leur énergie ?

Röntgen se demanda si les rayons X pourraient produire un effet calorifique. Les recherches qu'il institua dans ce sens restèrent infructueuses. Jusqu'ici d'ailleurs personne, que nous sachions, n'a réussi à mettre en évidence une action de ce genre dans le nouveau rayonnement.

Gossart et Chevalier, en cherchant à manifester le dégagement de chaleur qui se produit dans un tube de Crookes en même temps que la luminescence, découvrirent une action absolument nouvelle sur le radiomètre, action non pas calorifique, non pas de mouvement, mais d'arrêt.

On sait que le moulinet du curieux instrument dû à l'ingéniosité de Crookes se met à tourner dans son ampoule vide d'air à la seule présentation d'une source de chaleur même très faible. Ainsi, le radiomètre restant dans l'armoire fermée du cabinet de physique, nous lui présentons à un mètre de distance une simple allumette enflammée, et peu à peu, lentement, les ailettes sortent de leur immobilité et se mettent à tourner.

Or, chose étrange et absolument inattendue, placé devant un tube de Crookes très échauffé par le rayonnement cathodique, le radiomètre persiste dans son immobilité. On éteint le tube de Crookes, et recourant à un foyer calorifique auxiliaire, on imprime aux ailettes une rotation rapide, 15 tours par minute ; le courant est-il alors de nouveau envoyé dans le tube, le moulinet s'arrête,

se cale, après des oscillations d'autant plus rapides que le radiomètre est plus près du tube de Crookes.

Les ailettes du radiomètre sont donc soumises, en présence du tube à décharges, à un champ de force émanant du tube et qui va décroissant à mesure qu'on s'éloigne de celui-ci.

Righi a renouvelé cette expérience et trouvé ce nouveau résultat non moins curieux : l'arrêt du radiomètre n'a plus lieu si on baigne parfaitement toute sa paroi extérieure.

Faut-il d'ailleurs attribuer aux rayons X eux-mêmes l'effet obtenu par Gossart et Chevalier ? N'est-ce pas plutôt, comme le pense Raveau, un phénomène dû au champ électrique créé par le tube de Crookes ?

Les expériences de Rydberg montrent que l'interprétation de Raveau est la vraie. Toutes les actions exercées sur le radiomètre tirent leur origine de la couche bien connue d'électricité positive dont est couverte la surface extérieure anticathodique du tube de Crookes en activité. Le calage et les oscillations pendulaires autour d'une position d'équilibre se reproduisent exactement avec un conducteur de même forme que le tube et chargé positivement. En renfermant le radiomètre dans un cylindre de Faraday formé d'une feuille d'étain, qui n'arrête pas l'action photographique, on trouve que le rayonnement du tube n'y produit plus d'action mécanique (Comptes rendus, 23 mars, p. 715).

La fluorescence des écrans et l'effet photographique rapprochent encore les rayons X des rayons ultra-violets ordinaires, — à tel point qu'il nous a été nécessaire d'établir au préalable qu'ils ne leur étaient pas identiques.

La distinction une fois prouvée, on s'est retourné du côté des analogies.

Une des plus curieuses propriétés des rayons ultra-violets consiste en ce qu'ils provoquent la décharge des

corps électrisés exposés à leur action. Hurmuzescu et Benoist en France, Dufour à Lausanne, Righi à Bologne, J.-J. Thomson à Cambridge, Borgmann et Gerchun à Saint-Pétersbourg, constatèrent presque simultanément une efficacité toute semblable dans les rayons X. On remarquera que, dans ces recherches, les corps électrisés soumis au rayonnement X étaient protégés contre toute action électrostatique par un cylindre de Faraday. Cette précaution était évidemment nécessaire, étant donné le mode de production de ce rayonnement.

Il s'en faut de beaucoup que les résultats des divers physiciens soient absolument concordants. Le signe des charges qui peuvent être dissipées n'est pas le même d'après tous les observateurs ; mêmes divergences sur la nature de la charge finale. Ces contradictions sont-elles dues à la diversité des tubes employés ? Ce doute s'impose d'autant plus impérieusement que divers tubes, ou même un tube unique mais diversement excité, ont fourni des coefficients de transmission différents pour le même échantillon. Quoi qu'il en soit, pour le moment il reste un fait bien établi, à savoir que le potentiel d'un corps électrisé, exposé aux rayons de Röntgen, ne peut conserver une valeur (absolue) très grande.

Un autre fait qui semble connexe de la propriété citée à l'instant, est l'abaissement du potentiel explosif, constaté par Swyngedauw pour les charges statiques, et avec beaucoup plus d'intensité pour les charges dynamiques. Bergmann et Gerchun l'ont également observé ainsi que Cave.

Les rayons X, nous l'avons vu, se modifient, se dégradent en excitant la fluorescence du platinocyanure de baryum. Ils se modifient aussi en exerçant le pouvoir qu'ils ont de décharger un corps électrisé. Peut-être y a-t-il là aussi dégradation, mais d'un autre genre.

Quoi qu'il en soit, *les rayons X, après avoir opéré cette*

décharge, sont sensibles à l'action d'un électro-aimant. Et c'est bien à la décharge qu'il faut attribuer cette transformation. A. Lafay, qui signale cette nouvelle et très curieuse propriété, l'a vérifié. Si le corps conducteur baigné par le rayonnement X n'est pas électrisé, ce rayonnement traverse impunément un champ magnétique intense, il n'est pas dévié par son action (COMPTES RENDUS, 23 mars, p. 703).

Chose plus étrange encore : *selon que les corps soumis à la décharge sont électrisés positivement ou négativement, les rayons X, agents de la décharge, subissent de la part des champs magnétiques des influences de sens contraires.*

La règle donnée par Hittorf pour les rayons cathodiques s'étend à ce nouveau phénomène. « Assimilons le flux de Röntgen à un faisceau de fils conducteurs, indéfinis, flexibles et sans poids. Lorsqu'ils traversent une lame électrisée positivement, ils permettent sa décharge et sont le siège d'un mouvement électrique qui s'écoule vers les points à potentiels plus faibles. Quand la lamelle est électrisée négativement, le sens du mouvement est de sens inverse. Dans les deux cas, les conducteurs se tordent sous l'action du champ magnétique, et le sens de cette déviation est donnée par la règle d'Ampère. »

Lafay appelle ces rayons modifiés *rayons X électrisés positivement* ou *négativement* suivant le cas.

Le fait que la règle d'Ampère s'applique aux rayons électrisés, rapproche singulièrement ces derniers de l'effluve à l'air libre et de la décharge dans les tubes de Geissler. Lafay croit pouvoir affirmer qu'il existe entre ces mêmes rayons électrisés *négativement,* se propageant dans l'air raréfié, et les rayons cathodiques, la plus grande analogie, *peut-être même identité absolue* (COMPTES RENDUS, 7 avril, p. 810).

Benoist et Hurmuzescu se sont servis du pouvoir de dissipation à l'égard des charges électriques pour étudier les *lois de la transmission et de la production des rayons X,*

— comme Röntgen et d'autres avaient étudié les mêmes lois au moyen des variations de la fluorescence et de l'action photographique.

La loi de l'inverse du carré des distances s'est retrouvée ici encore pour l'intensité. Mais le résultat qu'il importe surtout de remarquer, c'est l'*hétérogénéité* des rayons X. La proportion de rayonnement transmise par les couches successives égales en épaisseur d'un même échantillon homogène n'est pas constante. Si un dixième du rayonnement traverse par exemple la première couche, ce n'est pas seulement un dixième du résidu qui traversera la seconde couche égale, mais, par exemple, deux dixièmes. Ce qui veut dire que la première couche a opéré comme un triage dans les rayons X.

Si la fraction de rayonnement non absorbée par la première couche était de la même nature que la fraction absorbée, une nouvelle couche, identique à la première, absorberait à son tour les neuf dixièmes du résidu et n'en laisserait passer qu'un dixième. Mais deux dixièmes réussissent à la traverser : c'est que les rayons composant ce résidu sont d'une énergie moyenne supérieure à celle des rayons qui formaient le faisceau primitif. Les rayons X n'ont donc pas tous des propriétés égales ; il faut en distinguer de diverses classes.

Dès lors, ne conviendrait-il pas, lorsqu'on parle d'intensité de transmission, par exemple, de spécifier toujours de quelle propriété il s'agit ? de ne pas dire d'une façon générale : telle substance a tel coefficient de transmission pour les rayons X, mais de préciser comme ceci : tel coefficient de transmission à l'égard de telle propriété des rayons X. Les pouvoirs calorifique, lumineux et actinique ne sont pas uniformément répartis sur toute l'étendue du spectre solaire. Le pouvoir calorifique réside surtout dans le spectre infra-rouge, et l'actinique à l'autre extrémité. N'y a-t-il pas de même une première classe de rayons X

féconde en effets de fluorescence et inerte ou à peu près au point de vue électrique, une seconde très actinique et rien que cela, etc. ? Plusieurs auteurs semblent ne pas s'être arrêtés à ces considérations.

L'application la plus surprenante des rayons X, celle aussi qui s'annonce dès aujourd'hui comme la plus abondante en résultats d'une importance incalculable, est, sans aucun doute, la *cathodographie du squelette* dans le vivant. Ainsi que le fait remarquer Poincaré, on aurait pu craindre que les rayons X fussent non seulement absorbés, mais énergiquement diffusés par les milieux relativement opaques, tels que les chairs. Dès lors, ils se trouvaient dans l'impossibilité de traverser tout corps un peu épais. Il n'en est rien. Et l'on peut nourrir l'espoir fondé d'arriver à pénétrer toute l'épaisseur du corps humain, du moins avec des poses prolongées, dès que les procédés d'intensification des rayons X auront été poussés un peu plus avant.

Bien mieux : c'est beaucoup moins l'arrêt des rayons X par les corps épais qu'il faut craindre, que le danger de les voir traverser les os presque à l'égal des chairs, — résultat dûment constaté par S. P. Thompson, malgré toute son apparence paradoxale. Quelles surprises ces étranges rayons X ne nous réservent-ils pas encore ?

S. P. Thompson nous a appris plus haut qu'il n'y avait rien à gagner à pousser le vide au delà de la limite qu'il nous a si nettement précisée. Une première raison est qu'alors le tube risque beaucoup d'être percé par une étincelle. La seconde est le fait que nous signalons : quand le vide est exagéré, les rayons X pénètrent non seulement la chair, mais aussi les os (Comptes rendus, 7 avril, p. 809).

A condition d'éviter cet excès, ou plutôt, sans doute, à condition de régler le degré de vide employé sur l'épaisseur des tissus à pénétrer avant d'atteindre les os à catho-

dographier, le rayonnement röntgénien fera faire à la chirurgie des progrès remarquables (1).

Rappeler ici, en les groupant, quelques-uns des principaux résultats déjà obtenus montrera ce que l'on peut attendre de la nouvelle méthode.

La première application pratique de la cathodographie à la chirurgie semble avoir été faite par Mosetig de Vienne. Il s'agissait d'un dédoublement de la phalange du gros orteil. La diagnose ordinaire ne pouvait distinguer entre ces deux os le surnuméraire de celui qui était vraiment articulé avec la phalange moyenne ; en conséquence l'amputation avait été décidée. Mais une röntgénographie montra qu'une des deux phalanges formait le joint normal, tandis que l'autre n'était en somme qu'une excroissance osseuse. Avec cette épreuve, il fut aisé au chirurgien d'enlever l'extra-phalange.

Vinrent ensuite les recherches du professeur Lannelongue et des docteurs Oudin et Barthélemy. Ils obtinrent, au travers des tissus de la cuisse, l'image d'un fémur atteint d'ostéomyélite (2). Les régions où le tissu osseux était demeuré intact avaient arrêté les rayons ; ceux-ci avaient au contraire traversé la partie où le tissu osseux avait été détruit. Ils appliquèrent le même procédé à une main dont le médius était atteint d'ostéite tuberculeuse ; l'os de la première phalange étant gonflé avait intercepté les rayons sur une plus grande largeur que ne

(1) On a déjà reconnu de grands avantages à l'emploi non pas de tubes vidés et scellés, mais d'ampoules non fermées, reliées à la trompe à mercure, et dans lesquelles on entretient pendant la pose le degré de vide convenable. Si les vues énoncées dans le texte sont exactes, ces avantages seraient encore bien plus marqués.

(2) C'est bien ainsi que la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES (30 janvier, p. 55, fig. 4) présente les choses. Mais, à dire vrai, l'inspection de la figure nous fait concevoir des doutes sur l'exactitude de la légende qui l'accompagne. On ne voit pas la moindre trace des chairs ni même des autres os avec lesquels le fémur est articulé. Ne serait-ce pas un fémur complètement isolé qui aurait été cathodographié ?

l'eût fait l'os normal. Un troisième objet fut un genou guéri d'une ostéoarthrite de nature tuberculeuse ; un quatrième, la cuisse d'un enfant de huit ans affectée d'une ostéite de la diaphyse fémorale.

En résumé, concluaient les auteurs, l'examen par la nouvelle lumière n'a apporté aucun renseignement resté inaperçu, — ils se devaient ce modeste témoignage ; — mais il a été de tous points conforme aux indications fournies par la clinique. Il confirmait en outre, dans un des malades, le fait de la disparition des cartilages, et montrait la nature fibreuse d'une ankylose, — ce qui avait été conjecturé.

Mais les rayons X ont fourni bientôt des renseignements où toute l'habilité du diagnostic se trouvait en défaut.

C'est ainsi que P. Delbet put découvrir et extraire, grâce à une cathodographie, une aiguille implantée dans la main. Des tentatives avaient été faites par d'autres chirurgiens pour la trouver et l'extraire, mais en vain. L'épreuve la montra au niveau du cinquième métacarpien.

Une autre épreuve permit au même chirurgien de préciser dans une main le siège d'une balle de revolver reçue il y a douze ans. Chose curieuse : on cherchait une balle, et on en trouva deux. La cathodographie montre que le projectile a rencontré le troisième métacarpien, s'est coupé sur lui de telle sorte qu'une moitié est restée contre cet os, tandis que l'autre a cheminé jusqu'à ce qu'elle fût arrêtée par le métacarpien suivant. *Aucun de ces fragments n'est perceptible à la palpation la plus attentive.* Supposons que, sans l'aide des rayons röntgéniens, on eût été à la recherche de cette balle : on se serait estimé fort heureux d'avoir trouvé un corps étranger. Il est bien probable qu'on n'eût pas songé à en chercher un second, le malade étant certain qu'un seul avait pénétré, et les accidents auraient pu persister comme avant l'opération (Comptes rendus, 23 mars, p. 726).

Ailleurs, dans un cas de fracture de la tête d'un os métacarpien, le diagnostic n'avait pu être sûrement établi à l'exploration ordinaire, à cause de l'œdème ; tandis que, sur la cathodographie, la fracture fut immédiatement évidente (Imbert et Bertin-Sans).

Zenger a présenté à l'Académie des sciences de Paris l'image d'une main atteinte de syringomyélie ou maladie de Morvan. Les premiers articles ont déjà disparu, coupés. On distingue la destruction progressive des os, les parties atteintes présentant une transparence plus grande (temps de pose 1 h. 30 m.).

H. W. Cattell, de l'Université de Pennsylvanie, dignostiqua le dédoublement d'un des os du carpe et des phalanges compliqué d'unions osseuses dans un cas de polydactylie.

Et s'il nous est permis de dire un mot des résultats obtenus par nous-même, nous avons cathodographié, en 20 minutes, le bras cassé il y a trois mois d'un jeune homme de quatorze ans. L'image, grâce à l'emploi d'un diaphragme, est très bonne (tube à 20 cm. de la plaque) ; elle montre clairement les soudures du radius et du cubitus.

Plus récemment, un jeune enfant de quatre ans, atteint de carie au second métacarpien, nous fut amené. Il devait être opéré le lendemain par MM. les docteurs Lebrun et Bibot, de Namur. Le tube fut mis à 20 cm. de la plaque et le diaphragme de 18 millimètres d'ouverture appliqué sur le tube. En six minutes de pose, nous obtînmes une très bonne image. Malgré l'œdème, on y reconnaît au premier coup d'œil l'os malade gonflé et plus opaque que ses congénères. En haut, vers le doigt, on voit, ouverte du côté du pouce, une forte échancrure, siège de la maladie. On y aperçoit même deux fissures sur les bords et l'on distingue la partie encore saine de l'os de celle que la carie a attaquée.

Tels ou tels détails guidèrent les chirurgiens dans l'opération qui fut faite le lendemain.

Laissant le périoste, qui reconstituera un nouvel os à la main malade, ils sectionnèrent l'os à la hauteur du cartilage de conjugaison et, en bas, au point indiqué par la cathodographie comme non encore attaqué, et enlevèrent le sequestre. Le pansement fut fait à l'iodoforme, un drain fut laissé dans la plaie et la main entourée d'un bandage d'au moins deux centimètres d'épaisseur.

Huit jours plus tard, l'enfant fut ramené au laboratoire, et une nouvelle cathodographie fut prise, comme nous nous proposons de le répéter un certain nombre de fois pendant la convalescence.

Le tube fut éloigné de 25 centimètres de la plaque, afin de prévenir l'effet de pénombre qui était à craindre, vu l'impossibilité où nous étions, en raison du bandage, d'appliquer la main de l'enfant directement sur le sachet de soie renfermant la plaque. Le diaphragme était de 18 millimètres d'ouverture. Nous donnâmes 15 minutes de pose.

L'objet était difficile. Naturellement l'image n'est pas comparable à la première. Néanmoins on distingue très bien les métacarpiens, les phalanges des doigts. Mais nous ne fûmes pas peu surpris de trouver l'os opéré absolument opaque. On reconnaît très bien la partie qui a été reséquée, mais pourquoi ce vide est-il si opaque ? On n'avait laissé que le périoste, qui est fort transparent, et la formation calcareuse, si elle avait déjà commencé, devait être extrêmement peu avancée. Nous eûmes bientôt l'explication du fait.

La tache noire qui marque la place de l'os se continue vers le haut, irrégulière, et forme même un magma très-prononcé. C'est le drain ; mais il est en catgut ; il ne semble pas que cette substance doive être si opaque. — Non, sans doute, mais elle est imprégnée d'*iodoforme*.

Ce souvenir fut une lumière. L'iodoforme, en vertu de l'iode dont il est composé, est extrêmement opaque aux rayons X. C'est lui qui, plus haut sur la main, amassé en

un magma d'un noir intense, a teint de la même couleur le drain, et pénétrant toute la cavité du périoste a déterminé son étrange opacité.

Nous n'avions pas prévu cette circonstance. Mais nous en conclurons que, dans toutes les interventions chirurgicales où l'on voudra suivre la régénération de l'os au moyen de la cathodographie, il sera nécessaire d'éviter avec soin tout antiseptique dont la molécule renfermerait quelqu'un des corps que Meslans nous a indiqués comme donnant de l'opacité à leurs composés, et se resteindre à l'emploi de ceux qui, ne renfermant que du carbone uni à l'hydrogène, l'oxygène ou l'azote, sont d'une grande transparence aux rayons X (1).

A cette occasion, nous avons fait, avec le R. P. Thirion, l'essai sommaire de la plus ou moins grande transparence de divers antiseptiques. L'iodoforme s'était montré fort opaque ; nous le prîmes comme terme de comparaison. Voici nos résultats :

Iodoforme : composants C, H, I. Opaque.
Sublimé corrosif : composants Hg, Cl. Opaque.
Dermatol : composants C, H, O, Bi. Opaque.
Permanganate de potassium : composants O, K, Mn. Opaque.
Phénol : composants : C, H, O. Assez transparent.
Tannin : composants C, H, O. Transparent.
Acide borique : composants Bo, O, H. »
Naphtaline : composants C, H. »
Naphtol α : composants C, H, O. »
Thymol : composants C, H, O. »
Salol : composants C, H, O. »

Il est évident que nous ne donnons qu'à titre d'exemples

(1) En général, vu les résultats annoncés par Bleunard et Labesse (COMPTES RENDUS, 23 mars, pp. 723-725), il faudra, semble-t-il, éviter les composés renfermant un ou plusieurs éléments de poids atomique élevé.

ces quelques indications recueillies rapidement sur des des corps dont la valeur dans les pansements est très inégale.

Remarquons toutefois que, d'après Crinon (*Revue des médicaments nouveaux*, 4e édition, 1895, p. 356), le salol est fort usité en chirurgie pour le pansement des plaies, et les praticiens tendent à substituer son emploi à celui de l'iodoforme. Or, comme nous l'avons vu, il est transparent au rayonnement de Röntgen. Son utilité augmenterait d'autant.

Ainsi donc, confirmation d'un diagnostic chirurgical plus ou moins douteux dans les luxations et les fractures, établissement du diagnostic que les circonstances spéciales rendent difficile ou même impossible, vérification à travers les bandages du succès d'une intervention chirurgicale dans la réduction d'un os brisé, par exemple, surveillance de la régénération d'une partie osseuse reséquée : voilà ce que, telle qu'elle est, la cathodographie est capable de faire très parfaitement si l'on y apporte le soin convenable. N'est-ce pas déjà un champ suffisamment vaste d'applications infiniment utiles ? Et n'y a-t-il pas en cela seul de quoi exciter notre admiration et notre reconnaissance pour l'homme que cette étonnante découverte a fait un des bienfaiteurs de l'humanité ?

Mais l'on entrevoit mieux encore. Déjà Meslans nous fait remarquer que, les nerfs et le sang étant d'inégale transparence relativement aux muscles, on pourra sans doute arriver à les différencier d'avec ces derniers. Zenger a produit une photographie où l'on distingue les muscles moteurs. Bientôt, sans aucun doute, si ce n'est déjà fait, on atteindra les organes intérieurs. Que la chose soit possible en principe, ce qui précède le dit déjà ; mieux encore, nos photographies de grenouilles le montrent, sur une petite échelle, bien certainement, mais enfin elles établissent le *principe*. On y voit un commencement assez net de différenciation des divers organes. Le fait que la

cavité pectorale est fermée de tous côtés ne sera peut-être pas un obstacle : car on pourrait d'abord diriger le rayonnement à travers l'intervalle des côtes sur un seul des poumons, par exemple, de façon à ne rencontrer ni le sternum, ni la colonne vertébrale. Et puis, le procédé de Ch. Henry n'est-il pas ou ne deviendra-t-il pas applicable ici ? Son sulfure phosphorescent ne pourrait-il pas atténuer assez bien les ombres des corps opaques qui enserrent la poitrine pour permettre d'obtenir celles du cœur, des poumons, etc.

Un ratelier, un objet métallique, pièce de monnaie ou autre, un tube dans une opération chirurgicale peuvent par accident passer dans le tract intestinal. Les rayons X pourraient peut-être les y localiser. Les calculs rénaux ou vésicaux pourraient être reconnus par la cathodographie.

On a énoncé le vœu de voir s'organiser dans les grandes villes un service de röntgénographie auquel les médecins et les chirurgiens pourraient envoyer leurs clients, tout comme ils les adressent au pharmacien pour la préparation des médicaments qu'ils leur prescrivent. Sous la direction des praticiens, on exécuterait la cathodographie de tel ou de tel membre lésé. Les grands hôpitaux, où sont amenées les victimes de tant d'accidents, devraient, eux aussi, avoir l'outillage nécessaire pour prendre sans délai les silhouettes röntgéniennes requises pour le diagnostic (H. W. Cattell, dans SCIENCE, March 1896).

Quel plus immense progrès encore, si la découverte d'Édison était confirmée et que la fluorescence des écrans pût vraiment remplacer la photographie, même dans les cas difficiles ! Ce serait presque à découvert alors que l'on observerait les lésions internes de tous genres pour en diagnostiquer la nature, vérifier l'efficacité du traitement, suivre les progrès de la convalescence. C'est d'une main plus ferme et sûrement dirigée que le chirurgien appliquerait les merveilleuses ressources de son art. Que sais-je encore ?

J'ai parfois entendu des personnes peu confiantes dans la clinique des maladies internes souhaiter plaisamment que nous eussions une petite fenêtre par où l'on pût regarder dans l'intérieur du corps. Ne sommes-nous pas sur le point d'avoir trouvé la lunette magique qui nous permettra de pénétrer ces secrets de la nature?

Il est difficile de conjecturer où aboutira le nouveau chemin ouvert par Röntgen à la science, et où tant de volontés énergiques et d'esprits ingénieux se sont engagés à sa suite.

Théories. — Mais si les rayons X projettent déjà tant de lumière dans mille cachettes jusqu'ici insondables, et nous en promettent de bien plus éclatantes encore dans un avenir prochain, qu'eux-mêmes, que leur nature intime est pleine d'obscurité et de mystère !

On l'a remarqué dix fois au cours de ce travail : des propositions même bien établies, semblait-il d'abord, se montrent vacillantes ; les résultats obtenus par les divers chercheurs sont contradictoires, de nouvelles propriétés énigmatiques apparaissent, les points d'interrogations surgissent partout.

Sur un terrain aussi mouvant, quelle théorie bâtir ?

On jette les fondements de plusieurs, ou plutôt on en esquisse le plan. Nous ne pourrons que les citer : leur exposé nécessiterait des développements disproportionnés avec la longueur de cet article.

Une première théorie est radicale : il y a bien ici de nouveaux phénomènes, mais non un nouvel agent. Tout s'explique — un peu vaguement, il est vrai, — par une sorte d'effluve électrique, d'induction. Il n'y a pas de rayonnement spécial.

Viennent ensuite deux théories positives.

L'une, qui recourt aux vibrations longitudinales de l'éther, ce remède des cas désespérés, comme les a appelées quelqu'un. L'apparition de cette théorie, qui renaît de

ses cendres à chaque nouveau mystère à expliquer, a été accueillie avec un léger sourire. Aujourd'hui l'on voit des noms grandement respectés dans la science la soutenir de leur autorité (Röntgen, Kelvin, Lodge, J.-J. Thomson).

La seconde, qui, elle aussi, compte des champions de valeur (Schuster, Lodge, Raveau), voit dans les rayons X des radiations transversales de période très courte, plus simplement des rayons ultra-violets. Déjà nous avons indiqué plusieurs analogies entre les rayons X et les rayons ultra-violets ordinaires. D'ailleurs la théorie prévoirait pour les vibrations extrêmement rapides les propriétés les plus saillantes des rayons X. Cette dernière remarque, due à C. Raveau, attirera facilement les sympathies à la théorie des *ultra-ultra-violets*.

Découvertes connexes de celle des rayons X. — Nous n'avons décrit dans les pages précédentes que la production des rayons X au moyen des tubes à vide. C'était le sujet que nous nous étions proposé de traiter.

L'apparition des rayons X donna l'impulsion à une foule de recherches des plus variées, et bientôt on vit surgir de nouveaux moyens de photographier au travers des corps opaques. Étaient-ce encore les rayons X eux-mêmes, ou une classe nouvelle de rayons X apparentés avec ceux de Röntgen, ou enfin un agent de nature toute différente ? Nous inclinons vers la seconde hypothèse. Voici brièvement les principaux faits.

On se rappelle les anciennes expériences de Latchinoff et Moniusko citées plus haut ; nous n'y revenons pas.

En janvier dernier, G. Moreau obtint la photographie d'objets métalliques à travers des corps opaques au moyen de la seule aigrette d'une bobine d'induction, sans tube de Crookes. Par une anomalie curieuse, l'aigrette des machines électrostatiques a été trouvée inactive.

Un peu plus tard, Ch. Henry, continuant ses expériences sur le sulfure de zinc phosphorescent, put vérifier, dans

un cas particulier, l'hypothèse suggestive émise par H. Poincaré dans son article sur les rayons X. « Ainsi, dit l'illustre physicien, c'est le verre qui émet les rayons Röntgen, et il les émet en devenant fluorescent. Ne peut-on alors se demander si tous les corps dont la fluorescence est suffisamment intense n'émettent pas, outre les rayons lumineux, des rayons X de Röntgen, *quelle que soit la cause de leur fluorescence ?* »

Henry trouva que le sulfure de zinc phosphorescent, impressionné par la lumière d'un ruban de magnésium pendant une seconde, et aussi par la lumière diffuse du jour pendant deux heures, fournissait des rayons traversant le papier noir comme les rayons Röntgen.

Il a même pu établir le principe d'un accumulateur de cette lumière. On sait que la chaleur précipite l'émission lumineuse des corps phosphorescents. Henry a eu l'idée que, réciproquement, les froids intenses doivent entraver cette émission, et l'expérience a pleinement confirmé cette induction. Il plonge dans un mélange réfrigérant à —79° un tube rempli de sulfure de zinc venant de subir l'illumination. La partie qui émerge perd sa lumière rapidement et plus ou moins complètement. Lorsqu'on retire le tube du mélange réfrigérant, la partie immergée a perdu tout éclat. Mais si l'équilibre de température se rétablit, cette partie redevient très brillante et l'émission de lumière s'opère. Il serait donc facile d'imaginer un dispositif permettant d'emmagasiner la lumière solaire et de la restituer à l'heure voulue.

G. H. Niewenglowski, Becquerel et Troost continuèrent la vérification de l'hypothèse de Poincaré sur diverses substances phosphorescentes ou fluorescentes (1). Ils

(1) Nous rappelons ici que les auteurs emploient indifféremment, au sujet des faits que nous rapportons, les dénominations de phosphorescence et de fluorescence, ou, tout au moins, que si chacun d'eux se borne à n'employer qu'un de ces deux termes, les uns diront *phosphorescence* où les autres parleront de *fluorescence*. Nous nous en autorisons pour dire l'un ou l'autre à volonté, et pour employer aussi le terme plus vague et par là-même plus exact, pour le moment, de *luminescence*.

trouvèrent dans plusieurs de ces substances des radiations invisibles capables de traverser les corps opaques. Nous ne rappellerons que les sels d'urane, étudiés par Becquerel, et la blende hexagonale artificielle observée d'abord par Troost.

Les nombreuses et très attentives recherches de Becquerel le conduisirent à un résultat tout à fait imprévu.

Il y a *indépendance absolue entre l'émission de ces nouvelles radiations invisibles et l'émission des radiations visibles par phosphorescence* (Becquerel, COMPTES RENDUS, 23 mars, p. 693, et 30 mars, p. 763).

Ainsi le sulfate double d'uranyle et de potassium perd sa phophorescence visible un centième de seconde après l'insolation, tandis que, plongé dans l'obscurité pendant plusieurs jours, il continue encore à émettre des radiations invisibles capables de traverser les corps opaques.

En outre, dans certaines substances, qui auront joui à un moment donné de cette nouvelle activité, la phosphorescence même très vive ne sera pas toujours nécessairement accompagnée de radiations invisibles. Des échantillons de sulfure de calcium et de blende hexagonale artificielle, d'abord très riches en radiations nouvelles, sont peu à peu devenus inertes. L'échauffement, l'insolation, les décharges électriques purent éveiller à nouveau et vivement leur phosphorescence ; les radiations invisibles restèrent éteintes.

Enfin, preuve suffisante à elle seule de l'indépendance annoncée, les sels uraneux qui ne sont pas phosphorescents émettent des radiations invisibles.

Ces faits pourraient peut-être jeter un certain doute sur l'*explication donnée par d'Arsonval aux expériences de G. Le Bon*. Ce dernier avait cru reconnaître, dans le flux lumineux d'une lampe à pétrole, l'existence de radiations actiniques susceptibles de traverser des plaques métalliques épaisses. Quelques expérimentateurs renouvelèrent

avec succès les expériences de Le Bon ; d'autres n'obtinrent aucun résultat.

D'Arsonval, comparant attentivement les conditions de ces divers essais, fit cette observation : il n'y avait eu d'impression photographique derrière l'écran métallique que là où, entre la source lumineuse et la plaque sensible, on avait intercalé une *lame de verre*. C'était cette dernière sans doute qui était la source des radiations invisibles.

Il soumit cette idée au contrôle de l'épreuve et de la contre-épreuve expérimentales et en vérifia l'exactitude. En opérant comme Aug. et Louis Lumière, c'est-à-dire en exposant aux rayons solaires une plaque sensible protégée par un écran métallique même très mince, il n'obtint aucune impression. Interposant ensuite entre la plaque métallique et les rayons solaires une lame de glace, il constata à la longue une faible impression de la plaque sensible.

Les meilleurs résultats furent donnés par les verres qui émettent une fluorescence jaune verdâtre sous la lumière de l'étincelle électrique. Les verres d'urane se montrèrent spécialement actifs.

De ces expériences et de quelques autres encore, d'Arsonval conclut d'abord que, dans les expériences de G. Le Bon, le verre avait agi par sa fluorescence ou par une propriété intimement unie à cette fluorescence ; plus généralement, que les corps fluorescents jouissent des propriétés des rayons X, conformément à l'hypothèse de H. Poincaré, et que, en fin de compte, le rôle des rayons cathodiques dans les expériences de Röntgen se bornait à exciter la fluorescence du verre spécial composant l'ampoule de Crookes.

Dans cette dernière affirmation, le savant académicien oubliait, peut-être, le résultat obtenu par Röntgen lui-même et rapporté plus haut : « Les rayons ne se produisent pas seulement dans le verre. Je les ai obtenus dans un appareil fermé par une lame d'aluminium de

2^{mm} d'épaisseur. - Il est vrai que cette fenêtre devient elle-même luminescente, dès qu'il s'est formé un peu d'alumine à sa surface (Guillaume, *Les Rayons X*, p. 67, note 1). Encore n'est-il pas démontré ni que la fenêtre d'aluminium de Röntgen fût oxydée, ni que la faible luminescence qu'elle aurait manifesté pût rendre compte du rendement en rayons X observé par Röntgen.

Puis, Becquerel, nous l'a dit, il y a radiations invisibles là où il n'y a pas luminescence. Enfin, il peut y avoir fluorescence tout contre la plaque sensible sans qu'il y ait impression, comme dans l'expérience du R. P. Thirion citée plus haut.

Il reste bien probable que l'effet obtenu par Le Bon doit être attribué au verre placé devant les plaques sensibles. Mais que ce soit la fluorescence du verre qui soit en action, ou une autre propriété connexe de la fluorescence, ou enfin une propriété indépendante de la fluorescence, nous ne savons.

On le voit, l'agent mystérieux des phénomènes nouveaux se dérobe, nous nargue malicieusement, et nous laisse ébahis à la vue de ses caprices. Tantôt il apparaît avec la luminescence, mais s'obstine à lui survivre. Puis, celle-là renaissant, il lui refuse sa compagnie. Enfin, il s'affectionne à des séjours dont la luminescence est bannie. Voilà bien les caractères de l'indépendance absolue.

Mais donnons encore quelques détails sur les propriétés qui lui ont été reconnues.

Les radiations émises par les sels d'uranium, — pour parler de ceux que Becquerel a spécialement étudiés, — semblent jouir d'un *pouvoir de pénétration très remarquable à l'égard de diverses substances ;* elles traversent la plupart des corps et, en particulier, les métaux, plus facilement que ne le fait le rayonnement Röntgen. Le platine et le cuivre, par exemple, ne leur sont pas aussi impénétrables qu'aux rayons X.

La loi de leur absorption en fonction de l'épaisseur des substances à traverser n'a pas encore été déterminée, que nous sachions.

Cela pourtant serait extrêmement intéressant à connaître au point de vue des applications. Et l'on souhaite d'autant plus vivement voir aborder cette question que Troost, en présentant la blende hexagonale artificielle, avait fondé sur son emploi les plus grandes espérances. Cette substance pourrait, pensait-il, remplacer dans les recherches médicales les tubes de Crookes, qui ont le grand défaut d'être coûteux — en France surtout — et d'un maniement délicat. Troost en effet avait réussi à obtenir, à l'aide d'un échantillon de blende, la silhouette d'objets de métal placés sur une plaque photographique dans une boîte de carton fermée. Le savant académicien insinuait que l'on pourrait fixer par un bandage convenable la blende ainsi que la plaque au gélatinobromure au membre à photographier. Pendant la pose, au lieu d'être réduit à une immobilité gênante, pénible même, le patient aurait pu circuler, se livrer à ses occupations ordinaires. C'était l'idéal à bon marché.

Il y avait bien un inconvénient dans ce fait, déjà signalé, que la blende de Troost peut perdre ses radiations invisibles ; mais il suffisait de lui substituer les sels d'urane qui, eux, sont remarquablement constants dans leur activité.

Il n'est pas probable que l'on soit resté jusqu'ici sans tenter aucun essai de photographie du squelette dans le vivant au moyen de ces substances, car Troost émit son projet à la séance du 9 mars de l'Académie des sciences de Paris. Le silence gardé jusqu'ici sur les résultats semblerait indiquer qu'ils n'ont pas réussi.

Au surplus, en présence des poses très réduites, qui suffisent aujourd'hui, grâce aux perfectionnements de Meslin, d'Imbert et Bertin-Sans, de Chappuis et de S. P. Thompson, pour obtenir des cathodographies, l'avan-

tage espéré par Troost a perdu une bonne partie de sa valeur.

Outre le passage à travers les corps opaques, *les radiations des sels d'urane* ont ceci de commun avec les rayons X qu'elles *déchargent les corps électrisés* (Becquerel).

Mait elles s'en écartent considérablement par plusieurs caractères très importants. Les radiations invisibles des sels d'urane *se réfléchissent* sur les surfaces métalliques et, dans le verre, *se réfractent* et se réfléchissent totalement. Enfin, Becquerel a mis en évidence leur *double réfraction* et, du même coup, la *polarisation* des deux rayons et leur inégale absorption au travers de la tourmaline.

Ces radiations invisibles sont donc constituées par des vibrations transversales, et, si l'hypothèse qui voit dans les rayons X aussi des vibrations transversales très rapides est la vraie, on pourrait penser avec quelque vraisemblance que ces radiations invisibles forment la transition entre les rayons X et les rayons ultra-violets ordinaires. La réflexion et la réfraction seraient une indication dans ce sens (Guillaume).

Mais, pour le moment, nous le répétons, à raison de la complexité des problèmes, vu les résultats parfois contradictoires obtenus par les observateurs, toute théorie est nécessairement hasardeuse. — Peut-être en sera-t-il ainsi longtemps encore.

Le premier travail qui s'impose est, certes, la définition exacte des conditions essentielles des divers phénomènes, leur classement, le départ de ceux qui appartiendraient de fait à un ou à deux nouveaux agents et de ceux qui viendraient d'ailleurs, par exemple du champ électrique ou électromagnétique créé par les tubes de Crookes.

Tout cela est encore confondu, et le chapitre des radiations invisibles de Röntgen ou de Becquerel est un peu à l'état chaotique.

Volontiers, à la vue du désarroi où se trouvent les

hommes de la science devant ces nouveaux et mystérieux phénomènes, je me représente Dieu s'adressant à Job et lui disant : « Dis-moi, connais-tu toutes choses ? Sais-tu quelles sont les voies de la lumière et où vraiment se trouvent les ténèbres ? » *Indica mihi si nosti omnia. In qua via lux habitet et tenebrarum quis locus sit* (38, 19, 20). Et plus d'une fois, au cours des progrès de la science, jetant un regard en arrière sur ses théories, hâtives les unes, les autres péniblement élaborées, le savant doit répondre avec Job : « J'ai parlé à la légère. » Devra-t-il aussi dire : « Je mettrai ma main sur ma bouche (pour m'imposer silence à moi-même) : j'ai dit une chose que je n'aurais pas dû dire, et une autre à laquelle je n'ajouterai rien » ?

Si sa science l'a rempli d'une vaine et superbe complaisance en lui-même et lui a fait oublier Dieu, le grand Sage et le grand Maître, s'élever même contre Lui et nier jusqu'à son existence, oh ! oui, que le savant se mette la main sur la bouche et rétracte ces écarts insensés : *Vani sunt homines in quibus non subest scientia Dei.* Mais après cet aveu plein d'une humilité qui l'exalte au lieu de l'abaisser, puisqu'elle est la vérité, qu'il se retourne encore vers ce monde que Dieu a livré à ses recherches, qu'à l'œuvre il sache reconnaître l'Artisan, admirer les perfections du Maître du monde, et dans la beauté et dans la magnificence de la créature adorer le Créateur. Voilà son rôle ! Combien, hélas ! l'oublient.

J. D. Lucas, S. J.

L'EXPÉDITION BELGE

PROJETÉE AUX

RÉGIONS ANTARCTIQUES (1)

Les voyages d'exploration si remarquables dont les régions polaires ont été le théâtre depuis quelques années, la gloire que se sont acquise les Nordenskjöld, les Nansen et les Peary, ont excité parmi les marins et les voyageurs une émulation qui a gagné la Belgique elle-même. Un jeune lieutenant de la marine de l'État, M. A. de Gerlache, a conçu le projet d'organiser et de diriger une expédition belge dans les mers antarctiques.

Ce projet a rencontré auprès de tous ceux qui s'intéressent au progrès des sciences géographiques un accueil des plus favorables, et plusieurs savants de mérite ont spontanément offert à l'expédition projetée leur concours actif et entièrement désintéressé.

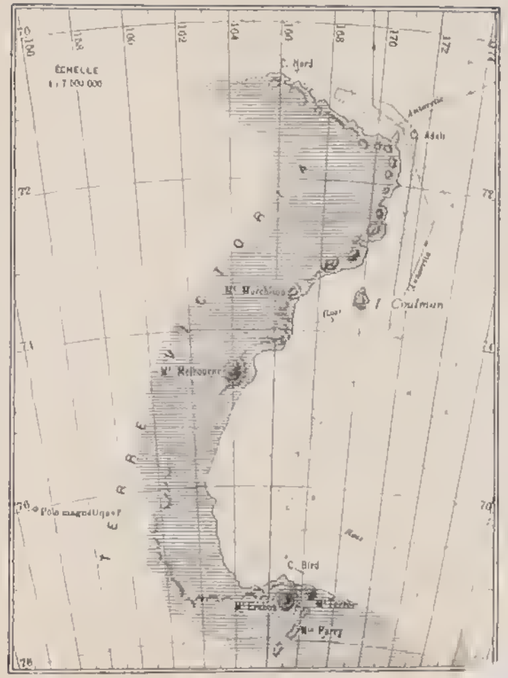
Les lecteurs de la Revue des questions scientifiques liront sans nul doute avec intérêt quelques renseignements sur cette tentative courageuse. Ils trouveront dans les pages qui vont suivre un rapide exposé de l'état actuel de nos connaissances sur la région polaire australe ; il

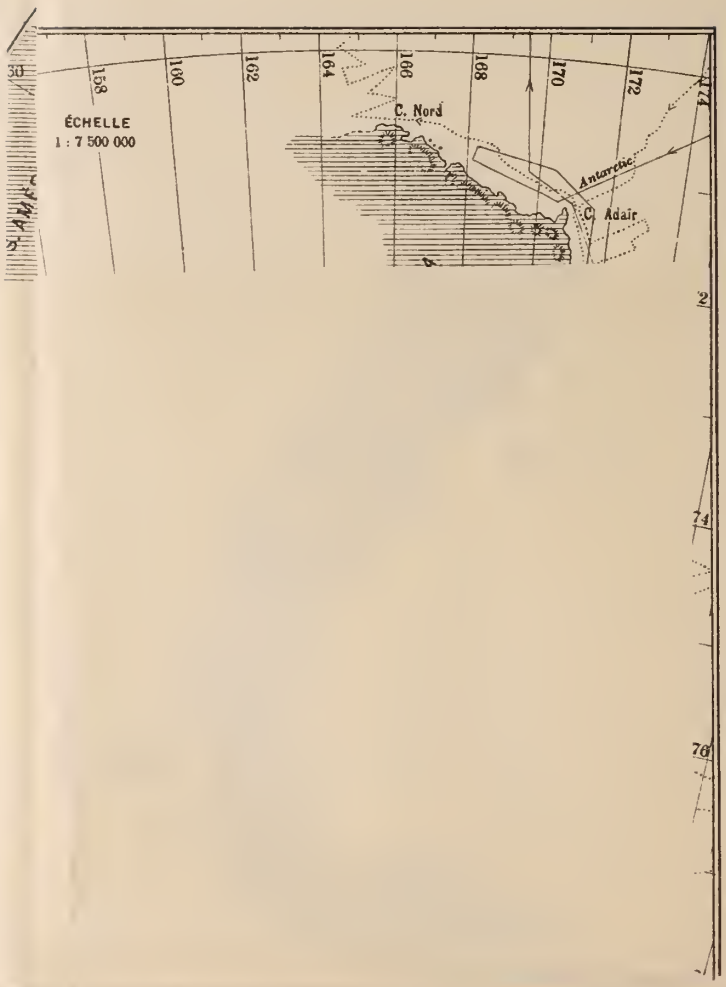
(1) Communication faite à la Société scientifique de Bruxelles, dans son assemblée générale du mardi 14 avril 1896.

Les cartes qui accompagnent cet article, grâce à l'obligeance de M. J. Du Fief, ont paru dans le Bulletin de la Société royale belge de géographie, XXe année, n° 1, janvier-février 1896.

ÉCHELLE
I. Elephant
I. Clarence
I. du Roi Georges
I. Livingston
I. Smith
I. Joinville
I. Trinity
T. Louis Philippe
T. Palmer
I. Larsen
I. Bismarck
I. Ch. Charcot
I. Robertson
I. Emp. Guillaume
Iles Biscoe
I. du Roi Oscar
TERRE GRAHAM
I. Foyn
I. Winter
Cercle polaire antarctique
I. Adelaide
T. Alexandre
Long. W. de Greenwich

Long. W. de Greenwich
Long. E. de Greenwich
C. de Bonne-Espérance
AFRIQUE
OCÉAN ATLANTIQUE
I. Bouvet
I. Prince-Edouard
T. Sandwich
Sud-Georgie
I. Crozet
Cercle polaire antarctique
S. AMÉRIQUE
I. Falkland
Cap Horn
T. Graham
MER DE GEORGIE
T. Enderby
T. Kemp
I. Kerguelen
T. Alexandre
Pôle antarctique
OCÉAN INDIEN
T. Sabrina (Balleny)
T. Clarie
T. Wilkes
T. Adélie
I. Balleny
OCÉAN PACIFIQUE
I. Macquarie
I. Campbell
I. Auckland
Tasmanie
MELBOURNE
AUSTRALIE
SYDNEY
Nouvelle-Zélande
ÉCHELLE


ÉCHELLE
C. Nord
Adelie
Mt Melbourne
I. Coulman
Mt Kelvin
TERRE VICTORIA
Pôle magnétique
C. Bird
Mt Erebus
Mt Terror
Mt Parry


ÉCHELLE
1 : 7 500 000
158
160
162
164
166
168
170
172
174
C. Nord
Antarctic
C. Adair
2
74
76

leur permettra de fixer dans leur esprit les limites qui séparent la zone déjà explorée de celle où l'expédition future pourra faire des découvertes. Ils y trouveront ensuite un court aperçu des caractères particuliers des contrées antarctiques et des difficultés exceptionnelles qu'y rencontre la navigation; enfin quelques détails sur l'organisation de l'expédition, le plan de campagne de son jeune chef, l'itinéraire qu'il se propose de suivre, les recherches auxquelles comptent se livrer les savants qui l'accompagnent.

Deux grands faits, deux circonstances capitales caractérisent, au point de vue géographique, l'hémisphère austral, et lui donnent, comparé à l'hémisphère boréal, des traits nettement distincts.

Le premier est l'existence, sous les latitudes correspondantes à celles qui traversent l'Europe septentrionale, d'un océan qui fait le tour entier du globe.

Les trois grandes masses continentales de l'hémisphère sud se terminent, au midi, par des pointes largement arrondies, à d'énormes distances du pôle. L'*Afrique* finit au *cap de Bonne-Espérance*, sous le 35e parallèle, à 6000 kilomètres du pôle. L'*Australie*, en négligeant la *Nouvelle-Zélande* et quelques petites terres insulaires, se termine avec la *Tasmanie*, à 5600 kilomètres de ce même point. L'*Amérique* enfin s'allonge jusqu'au *cap Horn*, situé sous le 56e parallèle, à 3800 kilomètres du centre de convergence de tous les méridiens.

Au delà de ce 56e parallèle roulent les vagues d'un océan *circumterrestre*, vaste ceinture enceignant la rotondité entière du globe, et qui, à l'endroit de son plus fort rétrécissement, entre le *cap Horn* et la *Terre de Graham*, mesure encore plus de 1100 kilomètres de largeur.

Le second trait essentiel de la région antarctique est l'existence presque certaine d'une vaste étendue de terres continentales, occupant la partie centrale de la calotte

polaire. Tous les navigateurs, en effet, aussi bien ceux partis de l'Australie que ceux descendus de la Patagonie, des îles du Pacifique ou de tout autre point de la circonférence terrestre, et qui, franchissant l'océan austral, se sont avancés droit au sud, ont été arrêtés dans la marche vers le pôle soit par des côtes, souvent hérissées de montagnes couvertes de neige, soit par des falaises de glace, indice révélateur du voisinage de vastes surfaces émergées.

Les terres reconnues jusqu'ici forment quatre massifs principaux, disposés sous le cercle polaire, tout autour de la sphère terrestre.

Le premier se compose des terres *Graham* et *Alexandre,* situées au sud du cap Horn. Elles ont été découvertes par le navigateur russe Bellinghausen en 1820, reconnues avec plus d'exactitude par le capitaine anglais John Biscoe en 1831, et explorées de nouveau, à plusieurs reprises, dans ces dernières années. Faut-il y voir la partie avancée d'un continent austral ? Ne sont-elles, au contraire, qu'un archipel prolongeant vers le sud les îles *Shetlands ?* Le problème est encore à résoudre. Toujours est-il que leur masse, d'abord compacte, s'étalant largement sur les cartes, se désagrège, se décompose de plus en plus, au fur et à mesure qu'on la connaît mieux, en îles et en terres dictinctes, séparées par une vaste ramification de détroits.

Un second groupe, situé au sud-est de l'Afrique, se compose des terres dites de *Kemp* et d'*Enderby*. Cette dernière a été aperçue, en 1831, par Biscoe, qui en a longé les contours sur une longueur de 185 kilomètres environ.

Un troisième groupe, plus étendu que les deux précédents, se rencontre au sud de l'Australie. Ce groupe, qui a reçu d'un navigateur américain le nom générique de *Terres de Wilkes,* se compose d'un long chapelet de côtes, pas très éloignées les unes des autres. Les principales sont la *Terre Sabrina* et l'*archipel Balleny,* aperçus

notamment par une expédition anglaise en 1839, peut-être par Wilkes en 1840, et les *Terres Clarie* et *Adélie* découvertes par Dumont d'Urville en cette même année 1840. Les découvertes futures nous apprendront vraisemblablement que toutes ces côtes, échelonnées sous le 65e degré, se rejoignent au sud des parties qui en ont été aperçues, et ne forment qu'un même ensemble continental.

Le quatrième et dernier massif actuellement connu, et que l'on rencontre au S.-E. du précédent, porte le nom de *Terre Victoria*. De tous c'est le plus considérable. Le capitaine James Ross, à qui revient l'honneur de sa découverte, en a relevé les rivages sur une longueur de plus de 400 kilomètres.

C'est une haute terre qui, à l'inverse des deux précédentes, orientées d'est en ouest, descend du nord au sud. Elles est couverte de montagnes entre lesquels s'allongent de formidables glaciers.

A la partie extrême atteinte par J. Ross s'élèvent deux volcans, les monts *Erebus* et *Terror*, dressant leurs cimes à plus de 3000 mètres d'altitude. Ils paraissent faire partie d'une longue chaîne volcanique qui commence aux îles Balleny et se rattache peut-être aux volcans de la Nouvelle-Zélande.

A l'exception de la Terre Victoria, située plus au sud, toutes les terres précédemment énumérées se rencontrent vers les 65e et 66e degrés, à peu près sous le cercle polaire. C'est aux mêmes latitudes que les navigateurs ont rencontré, en une foule de points, la banquise et les falaises de glace qui ont arrêté leur marche en avant.

Dumont d'Urville appelait banquise la croûte glacée formée par la congélation des eaux superficielles de l'océan. Cette croûte s'élève à 3 ou 4 mètres au-dessus du flot et se hérisse çà et là de proéminences dues probablement à la compression que subissent les champs de glace en se heurtant les uns les autres.

Les falaises de glace se présentent sous l'aspect de

murs verticaux, dressant leur arête, coupée à pic, à 25, 30 et parfois 50 mètres de hauteur. Les plus extraordinaires sont celles que J. Ross a rencontrées au S.-E. et à l'E. de la Terre Victoria, et qu'il a longées sur des centaines de kilomètres sans y rencontrer une seule brèche où il pût engager ses navires. Au pied d'une de ces falaises, la sonde n'a trouvé le fond que par 475 mètres d'eau.

Autant que les rares observations faites jusqu'à ce jour permettent d'en juger, ces barrières de glace ne sont autre chose que la glace de terre, lentement poussée vers la mer par la pression des masses plus ou moins inclinées qui reposent sur les surfaces terrestres émergées. Grâce à leur poid spécifique, elles s'avancent bien en dehors de la côte, même à 20 et 30 kilomètres, en continuant d'adhérer au fond rocheux. Il faudrait donc voir dans ces falaises le bord externe d'une Inlandsis colossale, recouvrant de son épaisse carapace tout l'intérieur d'un continent polaire.

Les fragments détachés des murailles de glace forment ces *icebergs* ou montagnes flottantes qui, dans les mers australes plus encore peut-être que dans les mers boréales, sont le grand obstacle à la navigation. Sous l'action de la pesanteur, les falaises se rompent brusquement par grandes cassures planes, ce qui explique la perpendicularité que conservent ces barrières. Les blocs ainsi formés affectent des formes droites, tabulaires, presque géométriques, remarquables surtout quand on les rencontre dans le voisinage de leurs lieux de formation, et qui sont caractéristiques des icebergs de l'hémisphère austral quand on les compare à ceux des mers grönlandaises. Poussés par les vents et les courants, ces blocs gigantesques s'avancent vers le nord. A mesure qu'ils s'éloignent du pôle, ils s'altèrent sous l'action des flots, des intempéries et d'une température plus élevée, fondent par place, perdent la régularité première de leur structure, se creusent de cavernes pro-

fondes, se découpent en ogives, s'effilent en tourelles élancées, et le marin qui les rencontre peut lire dans leurs formes capricieuses la longueur de leur course et les vicissitudes de leur voyage.

Les glaces flottantes des régions antarctiques dépassent par leurs dimensions les icebergs débités par les glaciers du Grönland. L'expédition du *Challenger* (1874) en a observé plusieurs qui atteignaient 75 mètres de hauteur. Le célèbre Cook en vit un qui se dressait à plus de 100 mètres. Enfin Wilkes assure en avoir mesuré un autre qui avait 130 mètres. Leurs dimensions en longueur sont peut-être plus extraordinaires encore. Au voisinage des points de rupture, les blocs ont souvent 10 kilomètres de long. Quand on se rappelle que la partie immergée de ces géants, dressant leur cime blanche à 100 mètres de hauteur, est cinq fois plus volumineuse que la partie à sec, on se rend aisément compte de l'effroyable puissance de ces masses.

Effrayantes par leur taille, elles sont plus redoutables encore par leur nombre. Parfois la mer en est comme encombrée. Dans l'horizon qu'il pouvait embrasser du haut de ses huniers, J. Ross, un jour, put en compter jusqu'à 97. Au cours de ses deux longues campagnes, Cook en a vu défiler des centaines et des milliers. Le spectacle de cette multitude innombrable de monstres errants, croisant en tous sens autour du pôle, pareils à une flotte fantastique qui en garderait les approches, a fait sur l'âme de ce marin, pourtant intrépide entre tous, une impression qui se décèle dans les lignes suivantes, tirées de son journal : « Le danger qu'on court à reconnaître une côte dans ces mers inconnues et glacées est si grand, que j'ose dire que personne ne se hasardera à aller plus loin que moi, et que les terres qui peuvent être au sud ne seront jamais reconnues. Il faut affronter les brumes épaisses, les ondées de neige, les froids aigus, et tout ce qui peut rendre la navigation dangereuse. L'aspect des côtes est

plus horrible qu'on ne peut l'imaginer. Ce pays est condamné par la nature à rester enseveli dans les glaces et les neiges éternelles. »

La zone de parcours des glaces flottantes est beaucoup plus étendue dans l'hémisphère austral que dans le nôtre. Tandis que les icebergs venus de l'océan Glacial ne descendent que rarement au delà du quarantième parallèle au large de la côte américaine, qu'on n'en rencontre plus une fois dépassé le 70e degré dans la direction de l'Europe et que, notamment, on n'en voit jamais sur les côtes atlantiques de la Norvège, ceux des mers australes remontent jusqu'à la côte d'Afrique. Il n'est pas rare d'en voir passer au large du cap de Bonne-Espérance, par 35°, latitude correspondante à celle du Maroc dans notre hémisphère.

En résumé, l'hémisphère austral est approximativement connu sur tout son pourtour jusqu'au cercle polaire ; celui-ci a été atteint en un grand nombre de points et l'on y a reconnu la présence soit de terres émergées, soit de barrières de glace barrant le passage aux navigateurs. En deux endroits seulement ce cercle a été notablement dépassé :

1° Par Weddell, en 1823. Ce capitaine baleinier s'est avancé jusqu'à 74° 15′, dans une mer qui s'étend à l'est de la Terre de Graham et à laquelle il a donné le nom de *mer du roi Georges IV*.

2° Par J. Ross. Ce dernier s'avança dans la mer qui borde la Terre Victoria à l'orient jusqu'à 78° 9′ 30″ de latitude méridionale. C'était le 24 février 1842. Ce point est le plus rapproché du pôle qu'aucun explorateur eût atteint jusqu'alors, et nul ne l'a dépassé depuis.

Les données rappelées ci-dessus permettent-elles d'affirmer l'existence d'un continent austral ? Si cette existence n'est pas jusqu'ici démontrée, elle est cependant très probable. Tout au moins peut-on affirmer avec certitude la présence dans la zone polaire, sinon d'un véritable

continent, tout au moins de terres d'une très vaste étendue. Les falaises de glaces rencontrées en tant d'endroits et se prolongeant sur de si longues distances, la multitude d'icebergs qu'elles débitent, preuve de la rapidité de leur mouvement de progression, en sont des témoignages plus probants encore que les nombreuses côtes signalées jusqu'ici. Les découvertes successives n'ont fait sur ce sujet que confirmer le jugement qu'avec une sagacité singulière Cook formulait déjà en 1774 : « Je crois fermement qu'il y a près du pôle une étendue de terre où se forment la plupart des glaces répandues dans le vaste océan méridional ; je crois que les glaces ne se prolongeraient pas si loin vers la mer de l'Inde et l'océan Atlantique, s'il n'y avait point au sud une terre d'une étendue considérable. »

Sauf l'expédition du Challenger, qui n'a pas dépassé le 67e degré, aucune expédition d'un caractère vraiment scientifique ou ayant l'exploration pour fin directe et principale n'a eu lieu dans les régions antarctiques depuis les mémorables croisières de J. Ross (1839-43). Ces mers n'ont plus été fréquentées que par des baleiniers, surtout écossais et norvégiens.

Parfois des savants, tel M. Borschgrevinck en 1894, sont montés à bord de ces bateaux et, malgré l'insuffisance de leurs appareils et bien que les nécessités de la chasse aux phoques et aux balénoptères contrariassent leurs recherches en leur interdisant les observations régulières, plusieurs d'entre eux ont rapporté des collections et des photographies intéressantes, attestant qu'une expédition organisée et outillée en vue des recherches scientifiques rapporterait une ample moisson et obtiendrait des résultats importants.

Il ne faut pas oublier que, depuis les temps où J. Ross fit ses voyages, l'horizon scientifique s'est beaucoup élargi. Il est une foule de questions dont l'explorateur anglais et ses compagnons ne se préoccupaient guère et qui sont

aujourd'hui l'objet d'études incessantes. Telles sont plusieurs des branches qui se rattachent à l'hydrographie marine : profondeur des océans, composition du sol sous-marin atteint au moyen de dragages ; plusieurs de celles qui se rattachent à la météorologie, à la physique du globe, à la géologie : l'étude du magnétisme terrestre, de l'électricité atmosphérique, de la composition des roches des terres australes, qui permettrait d'établir les relations qu'elles ont pu avoir dans le passé avec d'autres continents.

On voit donc que la zone antarctique n'est pas seulement un vaste champ où il reste pour l'explorateur de nombreuses découvertes à faire, mais que les régions déjà parcourues elles-mêmes sont aussi une contrée neuve à bien des égards, parce que les voyageurs contemporains pourront y observer, pour la première fois, une foule de faits qui n'ont pas attiré l'attention de leurs prédécesseurs d'il y a cinquante ans.

Pour l'exécution de son entreprise, M. de Gerlache a acheté en Norwège, pour fr. 70 000, un baleinier auquel il a donné le nom de « *Belgica* ». Dans une intéressante notice sur la future expédition, parue dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ROYALE BELGE DE GÉOGRAPHIE et à laquelle sont empruntés la plupart des détails qui vont suivre, M. Du Fief nous rappelle que, dans la construction de ces baleiniers, tout est combiné en vue de la navigation dans les mers polaires. « Leur membrure, dit-il, tout en chêne, et d'une solidité extrême, offre une résistance considérable aux pressions extérieures. Le doublage en cuivre, dont sont généralement garnis les navires en bois, est remplacé ici par une doublure en *green heart* qui recouvre la coque sur toutes les parties exposées aux frictions des glaces. Enfin la cale est complètement remplie de réservoirs en tôle qui, au départ, servent à arrimer le charbon et qui, par leur disposition à l'intérieur du navire, augmentent encore la résistance de celui-ci.

» Les baleiniers sont des navires généralement gréés en

trois-mâts-barque ; ils sont bons voiliers et ne se servent de la machine auxiliaire dont ils sont pourvus que dans les calmes ou les vents contraires. Ils n'ont d'ailleurs sous vapeur qu'une vitesse très modérée, en sorte que la consommation de charbon est des plus minimes et qu'ils peuvent ainsi emporter du combustible pour une longue campagne. »

Les modifications rendues nécessaires à l'aménagement intérieur du navire par sa nouvelle destination : établissement de nouvelles cabines, d'un laboratoire, d'une chambre noire, etc., coûteront de 20 000 à 25 000 fr., ce qui mettra à moins de 100 000 fr. le coût total du bâtiment.

Le matériel embarqué comprendra tous les engins nécessaires à la pêche à la surface et aux grandes profondeurs : chaluts, dragues, filets de toutes espèces. Il comprendra, en outre, les instruments destinés aux observations météorologiques, magnétiques, hydrographiques, enfin les appareils de photographie les plus perfectionnés.

Le chef de l'expédition se propose également, si les ressources réunies le lui permettent, de faire l'acquisition d'un ballon. Ce ballon serait gonflé à bord par les temps calmes ; il serait captif et pourrait s'élever à plusieurs centaines de mètres au-dessus du navire. L'observateur placé dans la nacelle aurait, pour reconnaître les terres lointaines, découvrir les passages ouverts entre les glaces, signaler l'approche des banquises, un avantage énorme sur ses devanciers. Cette innovation pourrait rendre à l'exploration des services signalés en permettant de voir le pays par-dessus les falaises de glace dressées verticalement à 25 et 30 mètres de hauteur et qui si fréquemment barrent toute vue aux marins.

Le personnel de l'expédition se composera, en outre du capitaine et de ses deux lieutenants, de cinq jeunes savants, qui tous déjà se sont fait connaître par leurs travaux : un météorologiste, un astronome, un hydrographe, un chimiste-géologue et un médecin-naturaliste.

L'équipage, comprenant vingt-deux hommes, a été recruté parmi ces marins norvégiens rompus aux difficultés et aux périls de la navigation dans les mers polaires. Presque tous se sont déjà trouvés en relation avec M. de Gerlache lors de la croisière qu'il a faite au Spitzberg l'année dernière.

Les frais généraux de l'expédition ont été calculés sur le pied de 250 000 francs. Ce chiffre a pu être réduit à ces proportions relativement modiques, grâce à cette circonstance que l'organisateur du voyage et les savants qui l'accompagnent apportent à l'entreprise un concours entièrement désintéressé. Aucun d'eux ne recevra ni traitement, ni indemnité.

Dans l'état actuel des prévisions, l'expédition quittera la Belgique vers le 1er septembre prochain pour se diriger, en faisant escale aux Canaries, au Brésil et à la Plata, vers les îles Falkland ou le détroit de Magellan, de manière à s'engager vers le 15 novembre, au début de la saison favorable, dans la région antarctique. Les explorateurs s'efforceront de pénétrer à l'est de la Terre de Graham dans la mer du roi Georges IV et, s'ils réussissent, ils gagneront dans le sud le plus loin possible. Ils comptent, au retour de la mauvaise saison, remonter vers le nord et relâcher quelques semaines à Melbourne pour s'y ravitailler, ensuite entreprendre une croisière de cinq ou six mois dans le Pacifique ; puis, le printemps austral venu, ils se dirigeront vers la Terre Victoria et la mer qui baigne cette terre à l'est.

La détermination de l'emplacement exact occupé par le pôle magnétique austral sera un des principaux objets de cette seconde campagne. La position de ce pôle n'est connue que par des calculs approximatifs. J. Ross estimait qu'il devait se trouver par 76° de latitude et 143° de longitude E., dans l'intérieur de la Terre Victoria, à quelques centaines de kilomètres au N.-W. des monts Erebus et Terror. Le lieutenant de Gerlache s'efforcera

d'atteindre ce point en faisant usage de *skis* ou patins à neige.

En terminant cette brève notice, il me reste à féliciter M. le lieutenant de Gerlache de sa courageuse initiative et à lui souhaiter bonne chance. Un certain bonheur, les circonstances favorables, les occasions propices sont, dans les mers australes plus que partout ailleurs, des conditions indispensables du succès. Quelles que soient sa ténacité et sa vaillance, nulle part l'homme n'y est au même degré le prisonnier des circonstances, et nulle part celles-ci ne sont plus changeantes.

Tel qui s'était heurté à des montagnes de glace sans nombre, fermant toute issue, est tout étonné de rencontrer au même endroit, quelques semaines plus tard, la mer libre à perte de vue. Souhaitons que l'expédition belge rencontre quelqu'une de ces occasions propices ; si elle a cette bonne fortune, nul doute qu'elle ne la mette à profit.

J. DE LA VALLÉE POUSSIN.

HUXLEY ET M. DE VARIGNY

Les appréciations de M. de Varigny sur Huxley, dans les numéros du 11 et du 18 janvier 1896 de la Revue scientifique, sont fort concordantes avec celles que nous avons émises nous-même dans le fascicule d'octobre 1895 de la Revue des questions scientifiques. Nous nous en félicitons.

Nous sommes heureux de pouvoir relever encore, dans les articles de M. de Varigny, certaines affirmations philosophiques ou religieuses que nous signerions bien volontiers et qui ne sont pas monnaie courante dans la *Revue rose*. « Il n'est aucun de nous, dit l'auteur de l'article, qui n'ait quelque dogme » dans l'ordre religieux (1). « Le matérialisme et l'athéisme sont des actes de foi, » ni l'un ni l'autre « ne sont susceptibles d'une démonstration capable de satisfaire un esprit tant soit peu critique et capable de discerner les preuves scientifiques. Il n'est pas d'esprit réellement scientifique qui puisse accepter les croyances matérialistes et athées (2). »

« A l'heure actuelle, le fait que l'homme a une origine animale » n'est pas « prouvé », n'est pas « un fait démontré (3). » « Grâce à la plus triste comme à la plus encourageante des expériences, l'homme sait, à n'en pouvoir douter, qu'il est en son pouvoir de répandre à volonté autour de lui la douleur, la souffrance, la mort, ou bien la

(1) P. 74.
(2) Ibid.
(3) P. 73.

joie, la consolation, le soulagement, et, en présence de la tragédie qui se joue autour de lui, à toute heure, sa conscience ne peut hésiter à lui dicter le parti à prendre ; il ne peut hésiter entre les deux voies qui s'offrent à lui. Il faudrait qu'il fût bien bas pour se résoudre autrement. La conséquence est qu'en définitive l'homme s'élève contre la loi de nature, la déclare haïssable, en rejette le joug, et à celle-ci, dans ses relations avec ses semblables et en partie avec les autres êtres, substitue une loi nouvelle. A l'égoïsme, loi de la nature, il substitue l'altruisme, loi de conscience (1). »

Il tempère, il est vrai, ces affirmations qui me font plaisir par d'autres qui cadrent mieux avec le ton ordinaire de la Revue scientifique. Si, moins agnostique que Huxley, il semble reconnaître la nécessité morale d'une religion fondée sur des dogmes, s'il veut que « la science conserve » vis-à-vis de la foi « un respectueux silence », s'il ne juge pas fort « utile de détruire une foi où beaucoup trouvent le repos », s'il distingue entre « les théologiens » et la religion (2), permettant de courir sus à ceux-là, mais voulant qu'on respecte celle-ci, il n'en est pas moins vrai qu'il ne reconnaît pas à la foi des bases bien solides et qu'il l'accepte non pour sa vérité, mais pour son utilité.

A mon avis, la science même a à se plaindre de M. de Varigny. « Aux questions, dit-il, que chaque homme se pose dans le plus profond de son âme, sur ce qu'il est, sur son origine, sur sa destinée, sur le sens de la vie, il n'est point de réponse pleinement satisfaisante basée sur la science ; celle-ci n'en peut connaître ; l'interroger est inutile ; à elle, il est imprudent de répondre ; elle est incompétente, et son jugement doit être d'avance récusé (3). »

Si par l'expression « pleinement satisfaisante » vous

(1) P. 73.
(2) P. 75.
(3) Ibid.

entendez une connaissance complète et adéquate, la science certes ne nous satisfera pas. Mais s'il s'agit de la conduite de votre vie, la raison sans la foi peut vous donner une réponse pleinement satisfaisante sur les questions nécessaires. Et M. de Varigny, par des aveux dénués d'artifice, montre qu'il est plus instruit sur tous ces points qu'il ne veut le confesser explicitement. Il sait qu'il a « *une âme* au plus profond de laquelle il se pose ces questions » importantes ; il a « *une conscience* suivant laquelle il doit agir » ; il sait qu'il peut « *à volonté* » répandre autour de lui la joie ou la douleur.

M. de Varigny se calomnie donc un peu lui-même. Je lui en veux, et je lui en veux aussi parce qu'à ce point de vue il a fait tort à mon ancien maître.

Certes, il dit que Huxley ne fut pas matérialiste, mais seulement agnostique. Cela aurait cependant demandé un mot d'explication. La position de Huxley est bien moins simple qu'elle ne pourrait le paraître aux lecteurs de M. de Varigny. Si celui-ci avait voulu citer certaine « *Lecture* » publiée il y a dix-sept ans par la Revue scientifique, dont il est un collaborateur assidu, on aurait vu que Huxley était loin de tenir la balance égale entre le matérialisme et le spiritualisme, et qu'il était spiritualiste dans l'acception ordinaire du mot.

Le débat entre les matérialistes et les spiritualistes porte sur l'existence de phénomènes différents des phénomènes matériels. Existe-t-il, oui ou non, dans l'homme des phénomènes qui ont des caractères essentiellement distincts de ceux que présente la nature extérieure ? Cette question est nettement tranchée dans le sens affirmatif par Huxley dans le passage visé plus haut et rapporté dans notre article du mois d'octobre. Et il va même, tellement il est spiritualiste, jusqu'à soutenir que les phénomènes spirituels sont ceux qui sont connus avec le plus de certitude.

Le doute de Huxley se rapportait à quelque chose de

plus raffiné et qui n'avantageait ni la matière ni l'esprit.

En dehors des phénomènes soit matériels, soit spirituels, il se demandait s'il existait une substance supportant les phénomènes ? Y avait-il des corps, y avait-il des âmes ? C'est là ce qu'il prétend ne pas savoir, mais il a soin d'ajouter que s'il y a des corps, il doit y avoir bien plus certainement des âmes.

C'est cette attitude de Huxley que je tenais à faire ressortir dans cette note. Si je regrette qu'il ait fait fausse route dans une question aussi essentielle que celle de la substance, son erreur, fruit d'une tension exagérée de l'esprit, présente, à mes yeux, un caractère moins odieux que la cécité intellectuelle portée au point de ne pas savoir distinguer un acte de la raison d'avec un mouvement de la matière.

GUILL. HAHN, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

I.

Cours de chemins de fer, professé à l'École nationale des Ponts et Chaussées, par C. Bricka, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées (ouvrage faisant partie de l'*Encyclopédie Lechalas*), tome II (1). — Paris, Gauthier-Villars, 1894.

Nous ne reviendrons pas ici sur ce que, à propos du tome I, nous avons dit de l'esprit dans lequel est conçu le présent ouvrage. Le lecteur voudra bien toutefois se rappeler qu'il s'agit d'un traité didactique destiné avant tout à dégager de la science si vaste et si multiple des chemins de fer les idées générales qui doivent servir de fondement à l'instruction des ingénieurs.

C'est dire que l'auteur ne s'attarde pas à entrer dans le détail de chacune des spécialités qui se rencontrent dans l'industrie dont il s'occupe, mais s'applique à mettre en lumière pour chacune d'elles l'ensemble des notions essentielles que sont tenus de posséder ceux qui, à un titre quelconque, sont appelés à prendre part à la gestion d'une entreprise de chemins de fer.

Ce caractère s'affirme particulièrement dans la troisième partie, relative au *Matériel roulant* et à la *Traction*. C'est bien là une de ces spécialités aux détails desquelles n'ont besoin d'être initiés que ceux qui en sont directement chargés, et cela bien plutôt par la pratique journalière que par l'étude faite dans des livres. Il n'en est pas moins vrai qu'à cette spécialité se rattachent nombre de notions sans la connaissance desquelles on ne saurait songer ni à exploiter ni même à construire rationnelle-

(1) Le compte rendu du tome I a paru dans la livraison de juillet 1894 de la Revue des questions scientifiques. Bien que le tome II l'ait suivi à quelques mois d'intervalle, diverses circonstances nous ont empêché jusqu'à ce jour d'en rédiger le compte rendu.

ment un réseau de voies ferrées. C'est à ces notions générales que M. Bricka borne son exposé, qui forme d'ailleurs, à ce point de vue particulier, un ensemble très complet en même temps que d'une parfaite netteté.

Le chapitre XI, *Matériel roulant,* comprend la description des éléments essentiels des voitures, wagons et machines. Il faut y signaler les considérations générales relatives à la locomotive.

Dans le chapitre XII, qui traite de la *Résistance des trains à la traction,* se trouvent analysées les intéressantes recherches de M. Desdouits fondées sur la substitution de la méthode des accélérations à celle du dynamomètre. Cette substitution a eu pour effet de permettre de suivre toutes les variations du phénomène de la résistance et de démêler la part revenant à chacune des influences qui y interviennent.

Le chapitre XIII, *Marche des trains,* résume en quelques pages les données relatives à l'utilisation des machines en vue de la meilleure exploitation.

Le chapite XIV est relatif aux *Freins.* On sait quelle est la multiplicité des dispositions proposées pour ces appareils. L'auteur, fidèle à son programme, ne se laisse pas égarer dans les détails et se contente d'exposer les principes généraux d'où dérivent les divers types usités en pratique. Cet exposé est, d'ailleurs, pour l'heure actuelle, parfaitement à jour.

Le chapitre XV concerne les *Installations nécessaires pour les services de traction* (alimentations d'eau ; remisage et accessoires). C'est un point que l'auteur avait réservé lorsqu'il avait examiné, dans le tome I, les constructions accessoires des gares ; et, de fait, il est beaucoup plus logique de s'occuper des installations destinées au service de la traction lorsqu'on a pu apprécier les besoins de ce service.

Les quatre chapitres suivants formant la quatrième partie se rapportent à l'*Exploitation technique,* c'est-à-dire à " la branche de l'exploitation qui concerne le service proprement dit, abstraction faite de la rémunération à en retirer „.

Le chapitre XVI traite du *Mouvement.* Après avoir défini les diverses espèces de trains, l'auteur fait connaître les règles d'ordre et de sécurité applicables à leur circulation. Le point incomparablement le plus saillant à signaler dans ce chapitre est l'exposé très détaillé qui y est fait du block-system, le plus complet, sans doute, qui ait été publié jusqu'à ce jour. Cet exposé vient très heureusement combler une lacune de la littérature technique, non seulement en France, mais peut-être même à

l'étranger. Bien que l'emploi de ce système tende de plus en plus à se généraliser, on remarque encore à son endroit, dans les idées de certains ingénieurs, un défaut de netteté que le présent exposé ne saurait manquer de dissiper. M. Bricka ne s'interdit pas d'ailleurs d'exercer sa critique sur ce sujet. Il se montre nettement partisan du block-system à voie fermée, tel qu'il se pratique en Angleterre, et qui assure incontestablement le maximum de sécurité.

L'étude relative à la capacité des lignes est fort intéressante, mais l'autorité que M. Bricka s'est acquise par ses fonctions de chef de l'exploitation des chemins de fer de l'État lui aurait permis de la traiter sans doute avec plus d'ampleur. On doit souhaiter de voir l'auteur la développer davantage dans une future édition.

En ce qui concerne le service des voyageurs et celui des marchandises, il faut noter le soin particulier avec lequel l'auteur fait ressortir les mesures spécialement applicables à l'exploitation des lignes de faible importance, mesures qui répondent à des besoins relativement nouveaux.

Dans le chapitre XVII est examiné l'*Aménagement des gares, stations et dépendances*, dont l'étude se trouve ainsi, très logiquement à notre avis, reportée après celle du mouvement et du trafic. Le sujet ne laisse pas d'être assez délicat à traiter, en ce sens qu'il faut résister à la tentation d'ériger des règles générales là où, à la vérité, ne se posent guère que des questions d'espèce. M. Bricka a su très heureusement éviter cet écueil. Il indique très nettement les exigences auxquelles il s'agit de satisfaire, cite les solutions qui ont été adoptées dans divers cas particuliers et où, le cas échéant, on pourra venir puiser d'utiles inspirations, mais se garde bien de donner à ses remarques critiques une forme dogmatique. " En fait de plans de gare, dit-il très justement, il faut bien connaître les avantages et les inconvénients des diverses dispositions en usage ; mais il ne faut pas avoir de types arrêtés, et surtout il faut se garder des idées absolues qui conduisent le plus souvent à des erreurs. „

Tout opposé est le caractère du chapitre XVIII, *Organisation des gares et bifurcations au point de vue de la sécurité*. Autant, dans l'ordre de questions précédent, le choix des solutions offre d'aléa, autant, ici, il peut être soumis à des règles rigoureuses. Il convient d'ajouter qu'en nulle autre partie de l'ouvrage la contribution personnelle de l'auteur au sujet traité n'apparaît avec plus de relief.

Le chapitre débute par les principes généraux régissant l'emploi des signaux dans les gares, principes qui n'avaient peut-être pas, au point de vue didactique, encore été dégagés avec cette netteté. Vient ensuite la question capitale des enclenchements qui, depuis quelques années, a pris une importance prépondérante. On sait avec quelle complication elle se présente *à priori*, et ce n'est pas un mince honneur pour M. Bricka que d'avoir su, à la lumière d'une méthode purement rationnelle, la démêler complètement et réduire sa solution à des règles pratiques dont l'application est infaillible. Les principes théoriques sur lesquels repose cette méthode ont été donnés dans le tome I. L'auteur en fait ici l'application aux diverses catégories dans lesquelles il a rangé les enclenchements (enclenchements de direction, de continuité, de circulation, de protection), et déduit de là les moyens pratiques de réaliser ces enclenchements.

La méthode de M. Bricka permet d'étudier ou de vérifier les enclenchements d'une gare quelconque *sans tâtonnement*, en écartant la possibilité de toute erreur autre qu'une erreur purement matérielle, et en réalisant toutes les simplifications compatibles avec les mouvements à prévoir dans la gare.

Cette méthode a permis en outre à l'auteur de démontrer rigoureusement l'identité théorique du système des signaux à leviers multiples et de celui des leviers directeurs avec le système des enclenchements directs.

Le chapitre XIX contient l'analyse des principales causes des *Accidents de chemin de fer*, ainsi que l'indication des mesures propres à les prévenir. Ce chapitre présente un intérêt tout particulier pour les ingénieurs des services de contrôle.

Ici se termine la partie technique du cours. La cinquième et dernière partie, qui occupe près de la moitié du tome II, a pour titre : *Les chemins de fer considérés au point de vue financier*.

Elle débute par le chapitre XX : *Exploitation commerciale*. M. Bricka s'élève tout d'abord contre l'idée qui tend à assimiler les transports par chemins de fer à un commerce ordinaire et à faire dépendre leur tarification de la loi de l'offre et de la demande. Il y voit au contraire un service public pour l'accomplissement duquel l'intervention de l'État est indispensable. Les nations les plus réfractaires à cette manière de voir, comme l'Angleterre et les États-Unis, après avoir reconnu les inconvénients de la libre concurrence, en sont venues à admettre le principe d'une certaine règlementation. "... Par exploitation

commerciale des chemins de fer, dit M. Bricka, il faut entendre l'application aux transports non des règles ordinaires du commerce, mais de règles spéciales auxquelles ont conduit l'expérience et la conciliation des intérêts en jeu. Ces règles sont loin d'être uniformes; mais il existe, en fait de tarification, des principes généraux dont l'étude peut faciliter dans une large mesure l'examen des questions qui s'y rapportent. „

Après avoir indiqué les bases d'établissement des tarifs, donné leur classification et fait connaître les détails de leur application, M. Bricka aborde la délicate question de leur abaissement. Sur ce point, sujet à controverse, il prend nettement parti contre la thèse en vertu de laquelle les abaissements de tarifs ne sauraient être obtenus que par voie de tarifs spéciaux ou de prix fermes. Il présente ensuite un tableau très complet des bases de tarification admises pour les voyageurs et pour les marchandises tant en France que dans les autres pays, et insiste notamment sur les curieuses réformes accomplies à ce point de vue en Hongrie, en Autriche et en Roumanie, en 1889 et 1890.

Dans les chapitres XXI et XXII, M. Bricka se livre à une analyse détaillée des *Dépenses de construction* et des *Dépenses d'exploitation des chemins de fer*. Il met le lecteur en garde contre les conclusions erronées déduites de rapprochements entre des données de statistiques qui ne sont pas comparables. C'est ainsi, par exemple, que, dans leurs évaluations, les compagnies omettent de signaler les subventions en argent ou en terrains qui ont pu leur être allouées. En revanche, elles y font figurer les intérêts du capital pendant la construction, élément dont, à son point de vue, l'État n'a pas à tenir compte.

Dans certains cas, le prix du matériel roulant est joint aux dépenses de construction proprement dites, dans d'autres, non. Mais là où l'aléa s'accuse encore davantage, c'est dans le cas de l'embranchement d'une ligne nouvelle sur une ligne ancienne, le raccordement nécessitant des remaniements parfois considérables qui, intéressant à la fois l'une et l'autre lignes, peuvent donner lieu aux ventilations les plus arbitraires.

On peut toutefois, à titre d'observation générale, dégager de l'ensemble des comparaisons qui ont été faites jusqu'à ce jour cette conclusion, à savoir que, pour une même région, bien qu'on construise aujourd'hui plus économiquement, le prix moyen kilométrique est resté à peu près le même qu'à l'époque de l'ouverture du premier réseau. La compensation à la diminution des prix unitaires des travaux réside principalement dans ce

fait que les premières lignes, qui ont presque toujours suivi les grandes vallées, ont présenté moins de difficulté d'établissement; en outre, la distance moyenne des gares, qui variait jadis entre 8 et 15 km., est descendue maintenant entre 5 et 7 km.; enfin l'outillage est beaucoup plus complet.

La nécessité d'adopter un même mode d'évaluation des dépenses pour pouvoir se livrer à des comparaisons légitimes ne s'affirme pas moins pour l'exploitation que pour la construction. On peut, en faisant varier ce mode d'évaluation, faire dire aux chiffres à peu près tout ce qu'on veut. Toutefois, il résulte du rapprochement des recherches très consciencieuses faites en 1883 par MM. Ricour et Noblemaire et de constatations plus récentes, que la partie des frais d'exploitation indépendante du trafic tend à diminuer, tandis que celle qui en dépend reste proportionnellement à peu près invariable. Il suit de là que la diminution des frais ne se fait guère sentir que sur les lignes à faible trafic. Cela s'explique d'ailleurs facilement par le fait que, sur les grandes lignes, les économies réalisées se trouvent absorbées par les dépenses supplémentaires qui résultent des progrès mêmes de l'exploitation technique.

Le chapitre XXIII est consacré au *Régime des concessions de chemins de fer,* c'est-à-dire à l'étude des bases sur lesquelles sont établis les rapports de l'État et des concessionnaires, avec examen spécial de ce qui a trait aux grandes compagnies et aux compagnies secondaires. Pour ce second cas, l'auteur met largement à profit les remarquables travaux de MM. Considère et Colson.

Le chapitre XXIV et dernier constitue une sorte d'annexe destinée à donner une idée sommaire des *Chemins de fer de systèmes divers* (chemins de fer à crémaillère, funiculaires, électriques), auxquels sont consacrés deux ouvrages spéciaux de l'*Encyclopédie* (1).

Le volume est complété par un certain nombre d'annexes constituées par des documents administratifs, techniques ou statistiques. Il convient de signaler spécialement les deux dernières, intitulées *Railway and Canal Traffic Act* (Angleterre) et *Interstate Commerce Law* (Etats-Unis), qui contiennent la trace officielle du revirement d'idées qui s'est produit dans ces deux nations au

(1) *Chemins de fer à crémaillère,* par A. Lévy-Lambert ; Paris, Lamirault, 1892. — *Chemins de fer funiculaires,* par A. Lévy-Lambert; Paris, Baudry, 1894.

sujet du mode d'intervention de l'État dans les concessions de chemins de fer.

Ne pouvant, pour ce qui est de l'impression d'ensemble qui se dégage de ce remarquable ouvrage, que répéter ce que nous avons déjà dit, nous préférons renvoyer le lecteur à la conclusion par laquelle se terminait notre compte rendu du tome I.

M. d'Ocagne.

II.

Histoire de la philosophie atomistique, par Léopold Mabilleau, ancien membre de l'École française de Rome, professeur de philosophie à la Faculté des lettres de Caen. — 1 vol. grand in-8° de VIII-560 pages. — Paris, Alcan, 1895.

L'ouvrage de M. Mabilleau se présente pourvu des suffrages les plus flatteurs, ayant été couronné, après concours, par l'Académie des sciences morales et politiques, puis imprimé gratuitement par l'Imprimerie nationale. Comme l'a dit la Revue de métaphysique et de morale, cet ouvrage méritait certes ce jugement favorable, car, écrit dans une langue claire (parfois peut-être un peu nerveuse, ajoute-t-elle) par un auteur chez qui l'intelligence philosophique ainsi que la curiosité scientifique sont vives, il dispensera le public des philosophes de lire, sur la question, plusieurs ouvrages français, anglais et allemands (1).

Avant d'aborder l'étude de ce gros livre, nous devons déclarer que nous laisserons de côté tout ce qui concerne l'état actuel de la science, au point de vue de l'hypothèse atomistique, car c'est une question qui mériterait une étude spéciale, étant plus aiguë que jamais, comme l'ont montré tout récemment un article retentissant de M. Ostwald, professeur à l'université de Leipzig, sur *La Déroute de l'atomisme*, et la réplique non moins virulente de M. Cornu, vice-président de l'Académie des sciences de France (2). Si, du reste, M. Mabilleau a compris les théories

(1) Supplément au n° de janvier 1896.

(2) Revue générale des sciences pures et appliquées, nos des 15 novembre et 15 décembre 1895 ; voir aussi l'article de M. Brillouin, dans ce dernier numéro, et la réponse de M. Ostwald dans celui du 30 décembre.

scientifiques contemporaines dans son travail, il ne semble pas qu'elles lui en aient inspiré les parties les plus intéressantes.

Pendant que nous en sommes à formuler des critiques, nous exprimerons le regret que parfois l'exposition prenne un peu trop l'allure d'un dictionnaire, chaque philosophe ayant son article, ce qui nuit au clair développement de la pensée ; si d'ailleurs M. Mabilleau s'est montré soucieux de fournir ainsi des renseignements groupés sur chaque personnalité, il n'a, par contre, pas songé à faciliter les recherches par une table détaillée, qui n'eût pas été superflue pour permettre, par exemple, de trouver aisément, dans le chapitre consacré à l'atomisme théologique *en Angleterre*, le nom de Boscovich qui, né à Raguse, fut professeur au Collège romain.

Enfin pour servir de fil conducteur dans notre étude, nous devons dire quelques mots de la distinction entre les divers genres d'atomisme. Pour M. Mabilleau, la distinction fondamentale consiste dans l'absence ou la présence d'une action divine pour expliquer au moins l'origine du mouvement des atomes ; cette distinction a quelque rapport avec celle que M. Pillon avait posée dans une étude bien connue sur l'*Évolution historique de l'atomisme* (1), mais tout en s'en distinguant sensiblement. M. Pillon, en effet, opposait un atomisme purement cosmologique à l'atomisme métaphysique des philosophes grecs et de quelques philosophes modernes ; pour lui, cette opposition était telle qu'il a cru pouvoir, sans inconvénient, étudier l'atomisme de Newton et de Boscovich avant celui de Démocrite. Il y avait là, suivant nous, une grave exagération, car l'atomisme est essentiellement une doctrine cosmologique à laquelle se superpose telle ou telle conception métaphysique. Il convient, d'ailleurs, au point de vue de la nature intime des atomes, de distinguer, d'une part, les philosophes qui leur accordent l'étendue de ceux qui la leur dénient et, d'autre part, ceux qui leur attribuent des modalités psychiques de ceux qui ne leur reconnaissent que des qualités d'ordre matériel.

Ceci posé, nous allons passer rapidement en revue les diverses écoles atomistiques étudiées par M. Mabilleau.

I. *Atomisme hindou.* — Nous n'aborderons pas la question si obscure de l'influence que la philosophie hindoue a pu exercer sur la philosophie grecque ; mais nous noterons quelques traits

(1) L'Année philosophique, deuxième année, 1891.

intéressants de l'atomisme de Kanada, bien que les documents dont on dispose manquent parfois de précision (1). La non-divisibilité de la matière à l'infini en est la proposition fondamentale : " Si chaque corps était composé d'un nombre infini de parties, il n'y aurait aucune différence de grandeur entre un grain de moutarde et une montagne, entre un moucheron et un éléphant, puisque l'infini est égal à l'infini. „ Il y a d'ailleurs autant d'espèces d'atomes que de substances élémentaires, et c'est là, aux yeux de M. Mabilleau, un vice essentiel de cet atomisme, l'unité des éléments étant, pour lui, un des postulats essentiels à cette doctrine ; si nous ne sommes pas aussi radical, nous admettons bien que la réduction du nombre des atomes différents est conforme à son esprit.

Nous ne voyons pas d'ailleurs clairement en quoi consistent les différences entre les atomes, car, si, d'après certaines indications, on peut les croire semblables aux composés, ce qui les rapprocherait des homœoméries d'Anaxagore, d'autres passages accusent une conception beaucoup plus élevée ; non seulement, en effet, l'atome n'est pas perceptible, et l'on ne saurait le confondre avec la plus petite particule qui apparaît dans un rayon de soleil, mais même on ne devrait lui reconnaître aucune étendue. Il serait bien intéressant de savoir si Kanada s'est réellement élevé à une telle notion.

Nous n'étudierons pas les dix-sept qualités des substances qu'énumère Kanada ; mais nous noterons que l'*action* consiste dans le mouvement.

Indestructibles et éternels sont les atomes, proposition que l'auteur des Brahma-Soutras a vivement critiquée comme impie. Faut-il en conclure au matérialisme de Kanada ? Après les cinq substances nettement corporelles, il place l'*âme* et la *conscience*, mais il les en sépare par le temps et l'espace, dont le caractère substantiel, au sens moderne, est loin d'être évident. Il est donc fort difficile de savoir ce que sont exactement l'âme et le *manas* ou conscience ; tout ce qu'on peut dire, c'est que la doctrine de Kanada a été combattue comme matérialiste et paraît s'être développée dans ce sens. Cependant, si l'on a quelque confiance en Colebrooke, on serait bien porté à reconnaître le spiritualisme

(1) A la vérité, nous ignorons pour quel motif M. Mabilleau recourt sans cesse à des sources dont il conteste la valeur, alors que Roër a donné une traduction allemande des Soutras de Kanada et qu'il en a été publié une plus récente en anglais, à Bénarès.

du philosophe qui déduisait l'existence du manas de l'indivisibilité de la sensation.

Fort douteuse aussi est la question de la Divinité. S'appuyant sur une glose postérieure, le Vaïseshika-Soutra-Pouskara, M. Ward a attribué à Kanada un " atomisme ardemment déiste „ ; en tout cas, on doit remarquer qu'il ne peut s'agir que d'un Dieu *organisateur*, les atomes étant éternels. L'origine du mouvement lui échappe d'ailleurs, les atomes ayant une puissance primitive, en sorte que Dieu ne pourrait être qu'un *démiurge* auquel serait dû l'arrangement particulier des atomes ; mais là encore la critique de M. Mabilleau aboutit à une négation.

Quelque confus que soit cet atomisme, tel du moins que nous le connaissons, on ne saurait méconnaître qu'en lui se trouve le germe logique, sinon historique, de systèmes plus cohérents, mais qu'on pourrait considérer comme le développement de ses tendances parfois contradictoires. Ajoutons que, pour M. Mabilleau, l'influence de la philosophie hindoue sur la pensée grecque ne paraît guère douteuse : l'un de ses arguments les plus frappants, selon nous, consiste dans le fait que " la philosophie n'est pas née dans la Grèce même, ni chez des penseurs d'école, mais en Asie, dans ces colonies ioniennes où affluaient toutes sortes d'étrangers „.

II. *Atomisme grec.* — M. Mabilleau consacre une longue étude aux antécédents de l'atomisme en Grèce. Certes, les premiers Ioniens, de Thalès à Anaximandre, sont bien loin de l'atomisme, puisqu'ils admettent une matière continue, qu'ils considèrent comme un principe immanent de vie ; mais, en soutenant l'idée d'une matière première unique, ils ont introduit dans la spéculation un principe que, nous l'avons déjà vu, notre auteur considère comme essentiel au véritable atomisme.

Par la prédominance qu'ils accordent à l'idée de nombre, les Pythagoriciens nous paraissent devoir conduire forcément à une conception atomistique, car une matière continue échappe au nombre. " De quoi, dit M. Paul Janet dans le *Dictionnaire des sciences philosophiques* de Franck, se compose un corps solide ? Il se compose de différentes surfaces, qui se composent elles-mêmes de différentes lignes, et celles-ci d'un certain nombre de points ; et tout corps se réduit à certains points élémentaires qui, eux-mêmes, sont absolument simples et tout à fait semblables aux unités arithmétiques. Mais ni une réunion de surfaces ne forme un corps, ni une réunion de lignes une surface, ni

une réunion de points une ligne, s'il n'existe entre les lignes, les points et les surfaces un certain nombre d'intervalles qui, distinguant les unes des autres les parties constitutives et élémentaires du corps, leur permettent de se réunir et de faire un tout déterminé. Supprimez ces intervalles, et toutes les surfaces, les lignes et les points venant à se pénétrer, les surfaces s'absorbent dans les surfaces, les lignes dans les lignes, les points dans les points, et tout se réduirait à un point, si ce point pouvait se concevoir sans que l'esprit conçût en même temps un intervalle qui l'entourât de toutes parts. D'où il suit que la réalité des corps se ramène nécessairement à ces deux éléments, le point, ou, selon l'expression pythagoricienne, la monade, et les intervalles, διαστήματα (1). „

Il semble qu'il y ait là tous les principes d'un atomisme bien supérieur á celui de Démocrite ; mais, d'accord avec Zeller, M. Mabilleau estime que le pythagorisme a conservé jusqu'au bout son caractère arithmétique, et que les considérations physiques n'en étaient pas le fond ; il ne décerne donc pas à Pythagore le titre de fondateur de l'atomisme grec, mais il affirme, sans crainte de se tromper, qu'aucune philosophie n'a, autant que la sienne, contribué à cette fondation.

Sur les rapports entre les Éléates et les atomistes, il semble d'abord que MM. Pillon et Mabilleau sont peu d'accord. Pour le premier, il y a opposition antithétique entre le rationalisme si " admirablement paradoxal „ de Zénon et l'atomisme de Démocrite, et ce dernier est né de la critique de l'être un et immobile de l'école d'Élée, tandis que le second fait ressortir l'apport de cette école à la doctrine qui devait couronner la physique grecque. Cet apport, du reste, se bornerait aux trois points suivants : " 1° D'abord, ils ont établi l'idée de *substance* fixe et immuable, principe un et identique de l'existence universelle, quelle que soit la manière dont on se représente celle-ci. C'est d'après eux que les atomistes ont admis une matière primitive et indestructible, dont les combinaisons ultérieures n'altèrent point la nature.

„ 2° Ensuite, en montrant que la substance n'est en rien intéressée à l'évolution phénoménale, ils ont mis leurs successeurs sur la voie du mécanisme qui réduit tous les changements de la matière au mouvement, c'est-à-dire à une modification relative.

„ 3° Enfin, ils ont prouvé que le mouvement et la pluralité même supposent la réalité de l'espace, c'est-à-dire, au point de

(1) Article *Pythagore, Pythagorisme*, p. 1434.

vue physique, du *vide*, ce que Pythagore avait bien dit avant eux, mais sous une forme moins frappante et moins définitive. „

Ajoutons que, avant d'aborder l'étude des atomistes, M. Mabilleau parle encore d'Héraclite qui, à l'opposé de Parménide d'Élée, nie l'être pour conserver la loi du devenir, c'est-à-dire du changement et du mouvement, et d'Empédocle qui, pour expliquer la variété du monde, admet la pluralité des éléments primitifs, rompant ainsi avec les traditions antérieures.

Nous arrivons enfin aux théories atomistes de Leucippe et de Démocrite. Décidés à tenir compte du témoignage des sens, ils acceptent, dès le principe, la multiplicité; puis, tenant pour établi par les Éléates que le mouvement suppose le vide, c'est-à-dire le non-être, ils en concluent, contre eux, que le vide existe et que le non-être est au moins d'une façon relative. Ceci nous montre comment MM. Pillon et Mabilleau sont au fond d'accord.

De ces propositions fondamentales découle un système où le principe substantiel est représenté par une multitude d'éléments dont chacun sera une unité pleine et homogène, ce qui concilie l'*unité de l'être* avec la *multiplicité des êtres*. Ces corpuscules seront plongés dans le vide, où ils se grouperont et se mêleront suivant des combinaisons infiniment variées, ce qui conciliera l'*immutabilité de l'être* avec la *génération et la corruption des êtres*. L'existence simultanée et corrélative de l'*être* et du *non-être* signifie donc que les choses se composent de la substance qui remplit l'espace, et de l'espace qui permet à la substance de se mouvoir et de se modifier.

Les atomes sont en nombre *infini* pour des raisons que nous ne connaissons pas historiquement, “ mais que l'on peut facilement comprendre „, dit M. Mabilleau, qui donne les siennes tout en indiquant les raisons différentes des autres commentateurs. Comme leur nom même l'indique, les atomes sont *indivisibles*, et ils ont une grandeur déterminée, au dire de tous les commentateurs, sauf de M. Renouvier ; M. Pillon lui-même l'abandonne sur ce point : des éléments *pleins* avec des intervalles vides entre eux, voilà la conception des corps. Il subsistait, il est vrai, une grave difficulté : comment concilier les notions d'indivisibilité et d'étendue ? Selon Galien, Leucippe le faisait en n'accordant aux atomes qu'une indivisibilité *de fait*, ὑπὸ σμικρότητος, et M. Mabilleau croit que la pensée de Démocrite doit s'interpréter dans le même sens.

Immuables et *éternels* enfin sont les atomes, car, d'une part,

aucun changement ne peut survenir dans leur substance simple, et, d'autre part, ils ne peuvent être sortis ni d'un autre élément ni du néant.

Quelles sont les propriétés constitutives, les qualités premières des atomes ? Ce sont essentiellement la *solidité*, qui implique l'impénétrabilité, et la *figure*. La diversité des figures, des formes géométriques, et cela en nombre infini, est un des gros vices de la doctrine de Démocrite, pour qui tient à l'unité des éléments de la matière ; la multiplicité de la figure entraîne d'ailleurs naturellement celle de la grandeur. La *pesanteur* a donné lieu à d'interminables discussions ; l'interprétation la plus rationnelle de tous les documents paraît être celle de M. Renouvier, d'après qui il ne s'agit que de la *pesanteur par excès*, c'est-à-dire de la force qui résulte de l'impulsion, par un volume supérieur, d'un volume moindre qui vient d'être abordé par lui.

Les atomes se meuvent dans le vide, ce non-être des Éléates ; mais l'expression n'a plus qu'un sens relatif. La réalité du vide apparaît dans divers faits d'expérience, notamment dans celui qu'un vase plein de cendre peut recevoir autant d'eau que quand il est vide.

Les déterminations secondes des corps dérivent de leurs propriétés essentielles, combinées avec l'*ordre* et la *position* ; elles se produisent d'ailleurs par le *changement* et l'*action*, la seconde engendrant le premier ; comme celui-ci se ramène à un déplacement, l'action est toute mécanique. Notons, après M. Pillon, que Descartes trouvait dans son spiritualisme une justification, qui manque aux matérialistes, de la distinction entre les deux ordres de qualité.

Les *éléments* ou substances premières répugnent à l'atomisme, et Démocrite n'attribue qu'une valeur toute relative à la théorie des quatre éléments.

Au contraire, la question du mouvement est de première importance pour l'atomiste, car c'est lui qui, en engendrant toutes les combinaisons, donnera naissance aux mondes. Le mouvement est éternel, et cette éternité s'impose à tout matérialisme : mais M. Mabilleau ajoute : “ et même à tout spiritualisme, car c'est différer le problème que de mettre le mouvement en puissance dans un être éternel qui le réalise *à son heure* „. Employer un langage qui manque à ce point de précision, c'est évidemment se condamner à fausser les questions délicates. Étant donné d'ailleurs ce mouvement éternel, les transmissions

et modifications qu'il subira seront le résultat de la pesanteur, telle que la comprend M. Renouvier.

Tous les chocs qui se produisent sont bien le résultat du *hasard*, quelques réserves qu'on puisse faire sur cette expression, si l'on entend par là l'absence de toute conception téléologique et même de tout développement rationnel se formulant par une loi. La diversité des atomes facilite d'ailleurs des groupements spéciaux qui séparent une partie du tout d'avec le reste et constituent un *monde*. Les mondes sont innombrables, car, le nombre des atomes étant infini comme l'espace, il n'y a aucune raison pour limiter les chances d'agrégation. Leur durée n'est point illimitée ; mais ils s'accroissent ou se désagrègent sans aucun rythme analogue à ceux qu'ont reconnus Héraclite et Empédocle. Toutefois Démocrite paraît peu conséquent avec lui-même quand, à propos des êtres organisés, il parle de nécessité et même de raison.

L'âme est formée d'atomes qui, en vertu de leurs dimensions et de leurs formes, sont très sensibles à la pression et au choc, et c'est ainsi que l'intelligence est la force motrice du monde. Les sensations sont le résultat de la pénétration dans le cerveau d'atomes envoyés par les corps, et la raison, constamment opposée aux erreurs des sens, ne paraît être, comme l'a dit M. Liard, que l'ensemble des sensations corrigées l'une par l'autre et ramenées à une sorte de moyenne.

Le but de la vie est le bonheur, résultant d'un ensemble de sensations agréables ; mais Démocrite introduit ici une idée d'harmonie : la vertu, c'est l'accord des actes, comme la raison est l'accord des impressions. Quant aux dieux, il n'en admettait point, à proprement parler.

En résumé, la physique est la seule science sur laquelle Démocrite ait des aperçus intéressants : “ Rien ne vient de rien ; rien de ce qui existe ne peut être anéanti. Tout changement n'est qu'agrégation ou désagrégation des parties. „ Ce sont assurément des énonciations qui, dans le domaine scientifique, ont une rare valeur.

L'étude des *variations de l'atomisme* nous réserve une surprise : c'est de la voir s'ouvrir par celle d'Anaxagore qui, né d'ailleurs quarante ans avant Démocrite, a toujours passé pour un philosophe ionien. Il rejette le vide et considère la matière comme indéfiniment divisible, et, quelque loin qu'on poursuive la division, les particules obtenues restent ce que sont les

grandes parties. Nous croyons pouvoir passer rapidement sur une doctrine aussi éloignée de celle que nous étudions, mais non, toutefois, sans signaler combien nous avons été surpris de ne rien trouver sur l'interprétation donnée par M. Paul Tannery de la théorie des *homœoméries*, interprétation de nature à en relever la valeur. Nous avons du reste remarqué que M. Mabilleau ne mentionne jamais les travaux de ce philosophe érudit, notamment son beau livre : *Pour l'histoire de la science hellène* (1).

Cette remarque faite, abordons de suite l'étude de l'épicurisme. L'idée nouvelle qui caractérise cette doctrine, c'est, dit-on généralement, l'attribution à l'atome d'un pouvoir moteur immanent et essentiel, désigné sous le nom de *pesanteur*. M. Mabilleau conteste cette tradition. Démocrite ayant déjà fait cette attribution ; mais nous avons vu que la pesanteur de ce dernier paraît avoir eu un autre caractère, plus philosophique du reste à nos yeux. Quoi qu'il en soit, Épicure attribue à tous les atomes une égale chute dans le vide, ce qui l'a amené à imaginer son célèbre *clinamen* pour leur permettre de se choquer, et ces deux modifications paraissent peu heureuses à M. Mabilleau, l'égale chute ne se rattachant, pour Épicure, à aucune raison scientifique (2), et le *clinamen* n'étant qu'un mauvais expédient. Quant à la discussion du sens des mots *haut* et *bas*, où notre auteur donne encore raison à Démocrite, elle nous paraît assez pauvre des deux côtés.

Mais le *clinamen* n'a-t-il pas une autre portée que celle d'un simple expédient pour expliquer le choc des atomes ? Lucrèce indique très clairement qu'il sert aussi à rompre le déterminisme des causes et à fonder la liberté, dans le passage suivant dont M. Mabilleau cherche vainement à réduire l'importance :

" Denique, si semper motus connectitur omnis,
Et vetere exoritur semper novus ordine certo,
"

(1) Voir pp. 280-290.

(2) Lucrèce dit cependant très-justement :

" Nam per aquas quaecumque cadunt atque aera deorsum,
Hac, pro ponderibus, casus celerare necesse est ;
Propterea, quia corpus aquae, naturaque tenuis
Aeris haud possunt aeque rem quamque morari :
Sed citius cedunt gravioribus exsuperata.
At contra nulli, de nulla parte, neque ullo
Tempore inane potest vacuum subsistere rei,
Quin, sua quod natura petit, concedere pergat. "

Liv. II, v. 230-237.

Nec declinando faciunt primordia motus
Principium quoddam, quod fati fœdera rumpat
Ex infinito ne causam causa sequatur :
Libera per terras unde haec animantibus exstat,
Unde est haec, inquam, fatis avulsa voluntas,
Per quam progredimur, quo ducit quemque voluptas,
Declinamus item motus, nec tempore certo,
Nec regione loci certa, sed ubi ipsa tulit mens (1). „

M. Mabilleau admet que Guyau, " un enthousiaste „, ait attaché de l'importance à de telles paroles ; mais il ne saurait pardonner à M. Pillon, un logicien, un criticiste élevé à l'école de Kant, d'écrire que " l'épicurisme est une philosophie de la liberté „. Si l'on trouve ces paroles peut-être un peu trop absolues, du moins devra-t-on, semble-t-il, dire avec M. Boutroux que le *clinamen* est " une ébauche du libre arbitre (2) „. Placé à un point de vue diamétralement opposé, M. Mabilleau fait de la discussion de M. Pillon sur le *clinamen* une critique développée dont les détails, résultats de cette opposition essentielle, sont peu intéressants par là-même, sauf quand il relève l'inconséquence, vue par M. Pillon, où serait tombé Épicure en n'accordant pas aux atomes " quelque propriété psychique qui fût à la conscience ce que la déclinaison est à la liberté „. C'est là le vice essentiel à toute doctrine matérialiste, condamnée à faire résulter le psychique du mécanique.

Si nous jetons un regard d'ensemble sur l'atomisme ancien, nous y voyons quelques grandes idées philosophico-scientifiques que nous avons déjà fait ressortir et qu'on nous pardonnera de remettre en évidence par quelques citations empruntées à la traduction du 1er livre de Lucrèce par Sully-Prud'homme :

" Mais rien ne naît de rien, ma Muse te l'apprit,
Et rien n'est jamais né que le néant reprit.
De l'atome immortelle est donc la masse entière ;
L'objet, s'y résolvant à son heure dernière,
Rapporte au renouveau des choses la matière !
Ainsi, fort de sa simple et solide unité,
L'atome se conserve et rouvre la carrière
Aux transformations depuis l'éternité !
. . . . . .

(1) Liv. II, v. 251-260.
(2) *De l'idée de loi naturelle*, p. 66.

Il est donc un milieu libre, vide, impalpable.
Rien ne serait sans lui de se mouvoir capable ;
Car leur solidité formerait chez les corps
Un mutuel obstacle à leurs communs efforts,
Et nul n'avancerait, puisque nul dans la masse
Aux autres ne pourrait le premier faire place.

. . . . . .

Le point, le dernier terme où le plein se résout,
Limite qui n'est plus des organes sentie,
Existe assurément sans aucune partie.

. . . . . .

Si la division n'a son terme borné,
Le moindre corps se prête à des parts innombrables,
Les moitiés des moitiés sont en deux séparables
Toujours, et tout objet reste indéterminé.

. . . . . .

Tout corps, par son essence, ou n'est qu'un élément,
Ou d'éléments ensemble agrégés se compose ;
S'il est élémentaire, à l'effort violent
Pour le broyer, sa masse invincible s'oppose. „

En dehors de ces principes généraux, on trouve, en Lucrèce, de belles et poétiques descriptions, telles que celle de la tempête, qui sert à prouver qu'il y a des corps, là où l'œil ne peut les saisir ; mais le développement scientifique est généralement bien pauvre. M. Mabilleau n'en paraît point frappé ; mais sa longue étude de l'atomisme grec nous a paru bien vide à ce point de vue, et ce n'est pas sa faute, hâtons-nous de l'ajouter. Comme l'a dit M. Paul Tannery, la conception atomistique, qui devait devenir dans les temps modernes le pivot fondamental sur lequel roulent toutes les hypothèses physiques, est échue, dans l'antiquité, aux mains de l'école la moins scientifique de toutes (1).

III. *L'atomisme au moyen âge. — L'atomisme arabe.* — Entre l'antiquité et le XVIIe siècle, la tradition atomiste se trouve en grande partie rompue ; néanmoins on peut dire qu'une école théologique arabe a interrompu la prescription. Quant aux alchimistes, qui ont soutenu la théorie de l'unité de matière et celle des combinaisons, M. Mabilleau estime devoir les com-

(1) *Pour l'histoire de la science hellène*, p. 283.

prendre dans son histoire de l'atomisme, tout en reconnaissant, avec M. Berthelot, qu'on ne lit rien dans leurs œuvres qui soit relatif aux théories de la vieille atomique. Le chapitre qu'il leur consacre est, du reste, court et de peu d'intérêt, et nous préférons insister sur l'école arabe des Motecallemîn.

Disons d'abord que la principale source d'informations est le *Guide des égarés (Moré Nebouchim)* du juif Maïmonide (1), ardent adversaire de cette école. C'est évidemment une circonstance peu favorable, mais qui n'empêche pas la doctrine qu'il combat d'apparaître comme fort intéressante.

Les hérésies musulmanes qui surgirent peu après la mort du Prophète donnèrent lieu à tout un corps de discussions théologiques portant le nom de *Calâm*, dont le sens très extensif est à peu près celui de Λόγος, et le mot de *Motecallem* ou *Motakhallem* (dérivé de la même racine) désigne le théologien dogmatique, le scolastique, qui défend la religion contre les attaques venues du dehors.

D'après le *Calâm*, " la plupart des dogmatiques supposent que les corps simples consistent en de petites parcelles qui ne subissent aucune division ultérieure, de manière que ces parcelles sont en nombre fini „. " Toutes ces parcelles sont semblables, dit Maïmonide, et pareilles les unes aux autres, et il n'y a entre elles aucune espèce de différence... Chacune de ces parcelles est absolument sans quantité, mais, lorsqu'elles sont réunies les unes aux autres, cet ensemble a de la quantité et alors est un corps. „ De même, le temps est divisé en particules indivisibles qu'on appelle les instants ; chaque atome créé dure un instant, et, s'il persiste, c'est par renouvellement de l'acte créateur.

Quant aux actions mutuelles des atomes et à leurs mouvements, il semble bien que les Motecallemîn aient devancé Malebranche : " Ils soutiennent, dit Maïmonide, que cette étoffe que nous croyons avoir teinte en rouge, ce n'est pas nous qui l'avons teinte, mais c'est Dieu qui a fait naître cette couleur dans l'étoffe, au moment où celle-ci s'est unie à la couleur rouge... Ils soutiennent encore que, lorsque l'homme meut la plume, ce n'est pas l'homme qui la meut ; car ce mouvement qui naît dans la plume est un accident que Dieu y a créé... Il n'y a absolument aucun corps qui exerce une action : le dernier efficient n'est autre que Dieu. „ Les lois de la nature sont contingentes :

(1) Traduit en français par Munck, 1856-1863.

" C'est Dieu qui a fait courir l'habitude que cette couleur noire ne naquît qu'au moment où l'étoffe s'unit à l'indigo. „

L'existence du vide est démontrée exactement comme par Lucrèce *(Guide des égarés*, t. I. p. 379).

La question de l'âme a de l'importance dans cette philosophie religieuse. " Au sujet de l'âme, dit Maïmonide, les Motecallemîn sont divisés : selon l'opinion dominante, elle est un accident existant dans un seul de tous les atomes dont l'homme, par exemple, est composé, et si l'ensemble s'appelle animé, c'est parce que cet atome en fait partie. Il y en a qui disent que l'âme est un corps composé d'atomes subtils (I, 587). „ Quant à leur doctrine sur Dieu, nous ne saurions suivre M. Mabilleau dans l'étude qu'il en fait ; mais nous tenons à noter cet argument fortement appuyé sur le principe de raison suffisante : " Chacun accorde que l'existence du monde soit *possible*, car, s'il avait une existence nécessaire, il serait Dieu... Or, puisque ce dont l'existence n'est que possible existe *réellement*, quoiqu'il y ait pour lui une égale raison d'être et de ne pas être, c'est là une preuve qu'il y a quelqu'un qui en a préféré l'existence à la non-existence. „

Nous avons dû être très sommaire, mais on aura peut-être entrevu l'intérêt de cette philosophie arabe, où M. Mabilleau croit voir bien marquée l'influence de Kanada et de ses disciples. En tout cas, on y voit appliquer pour la première fois à l'atomisme les conceptions monothéistes, et c'est là un grand fait, car, comme l'a dit Lange, peu suspect en la matière : " Lorsque, d'une façon libre et grandiose, on attribue à un seul et même principe (Dieu) la direction unique du monde, la corrélation des choses par le lien de la cause à l'effet devient non seulement admissible, mais elle est encore une suite nécessaire de l'hypothèse. „

IV. *L'atomisme dans la philosophie moderne.* — L'atomisme arabe va servir de point de départ à l'atomisme chrétien, qu'il y ait ou non là une filiation véritable. Sur Gassendi, il y a loin, en apparence au moins, d'y avoir accord entre MM. Pillon et Mabilleau, le premier voyant dans son œuvre un atomisme simplement cosmologique, tandis que le second y aperçoit toute une philosophie. Au fond, il semble bien qu'il y ait là surtout une querelle de mots, M. Pillon appelant cosmologique tout atomisme concilié avec la notion de Dieu. M. Mabilleau étudie d'ailleurs Gassendi avec beaucoup de détail ; mais il n'arrive pas à faire ressortir clairement sa théorie sur l'âme, qui apparaît

cependant comme une combinaison d'atomes spéciaux, dont on ne saurait dire qu'ils sont des éléments insensibles, " *bien qu'ils ne sentent pas effectivement* (?) „. C'est bien vague, sans compter qu'il ne parle pas de l'âme incorporelle, qui seule peut s'élever au-dessus des images et constituer l'entendement. Il le loue d'ailleurs beaucoup de n'être pas tombé dans l'occasionalisme des Motekallemîn et de ne s'être servi de Dieu que pour fonder un dynamisme immanent dans les atomes : pour nous, ces critiques contre l'occasionalisme dérivent d'une notion inexacte de l'immutabilité divine, et nous avons déjà vu que, sur ce point, M. Mabilleau semble avoir des idées peu précises.

Descartes, assurément, n'était pas atomiste ; mais son mécanisme était de nature à présenter bien des points de contact avec la théorie renouvelée par Gassendi ; aussi n'est-on pas surpris que certains de ses disciples, comme Cordemoy, aient cru pouvoir rejeter la divisibilité à l'infini ; par l'occasionalisme d'ailleurs, celui-ci revient à la doctrine du Calâm. Fénelon lui-même incline vers l'atomisme.

Passant en Angleterre, M. Mabilleau y trouve à venger une nouvelle victime de M. Pillon, Cudworth, mais il le fait d'une façon si vague qu'il ne nous donne aucune conviction. Quant au chimiste Boyle, disciple enthousiaste de Gassendi, il change peu de chose à l'atomisme mécanique, soudé à une métaphysique spiritualiste, que professait son maître.

Enfin Newton, ami de Boyle, va faire progresser la question ; mais ici, avouons-le, M. Pillon paraît avoir ménagé un succès à M. Mabilleau en exaltant Newton pour une énonciation qui vient de Gassendi, celle que la constance de la nature des corps paraît exiger des éléments immuables, dont les diverses associations produisent les changements des choses corporelles. Quant à la loi de la gravitation, il paraît bien que Newton y vit d'abord la marque d'une attraction ; mais la violente polémique qui se souleva à cette occasion lui fit prendre une attitude expectante : " *hypotheses non fingo* „. La métaphysique toutefois ne l'effrayait pas : de l'espace il fait un attribut de Dieu, en sorte que, les corps ne s'en distinguant que si le vide existe, " la distinction de l'espace et du monde, c'est celle même de Dieu et du monde „ , comme le dit M. Pillon : dès lors l'atomisme apparaît comme éminemment favorable au théisme, ainsi que l'a bien vu Voltaire.

Locke, par sa discussion sur la cohésion, mérite d'occuper une place éminente dans l'histoire de l'atomisme, sans avoir été, à

proprement parler, un atomiste. Toutes les explications mécaniques de la cohésion, remarque-t-il, supposent un autre corps que celui dans lequel on prétend l'expliquer; mais alors la difficulté est transportée sur les particules de cet autre corps, éther ou autre chose, et l'on tombe dans le vice logique du progrès à l'infini, si l'on veut poursuivre l'application de ce genre d'explication. Locke ajoute à cela que, le monde devant être fini, il faut que quelque chose empêche la matière de se diffuser hors de ses limites.

Cette discussion conduit logiquement à cette double conclusion, que les atomes ne sont point étendus, et qu'au pur mécanisme des actions externes on doit substituer des forces inhérentes aux éléments matériels. Locke a fort bien fait ressortir du reste ce que la conception des atomes *durs* de Newton a de peu satisfaisant, puisque la dureté n'est qu'un effet de la cohésion.

Quand on est arrivé là, il n'y a plus qu'à conclure, et c'est à Boscovich qu'appartient l'honneur de l'avoir fait ; pour lui, la nature est formée d'atomes inétendus, entre lesquels s'exercent des actions attractives ou répulsives, suivant leurs distances. Newton avait entrevu ces actions, mais il n'avait pas compris qu'elles expliquent l'impénétrabilité. Boscovich attribuait justement à ces forces un caractère tout mathématique : " Je pense, disait-il, que deux points de matière sont également déterminés, soit à s'approcher, soit à s'éloigner l'un de l'autre, selon la distance qui les sépare. C'est cette détermination que j'appelle force, *exprimant par ce mot, non le mode d'agir, mais la détermination même.* „ Pour lui, d'ailleurs, tous les atomes sont identiques. Nous regrettons de ne pouvoir nous étendre sur l'œuvre d'une si haute valeur de Boscovich, notamment sur sa critique de l'infini réalisé; mais pourquoi faut-il qu'on trouve, sous la plume de M. Mabilleau (et même de M. Hannequin dans sa thèse si remarquable sur l'*Hypothèse des atomes dans la science contemporaine*), l'assertion que Boscovich substitue la force à l'atome comme principe de l'être, alors que la citation qui précède montre si bien le contraire ? Serait-ce que, pour certaines personnes, la masse et l'étendue seraient inséparables ?

Revenons maintenant à Locke, qui fut le précurseur de l'atomisme psychologique moderne, comme il le fut de l'atomisme mathématique de Boscovich. Chacun sait en effet que le philosophe anglais doutait si un être matériel peut ou non penser ; mais il ne semble pas qu'il ait rien écrit de décisif dans le sens d'un atomisme psychologique. Au contraire, on peut considérer

le monadisme de son grand contradicteur Leibniz comme une des formes les plus élevées de cette doctrine, bien que gâtée, selon nous, par l'admission du nombre infini des monades. La discussion à laquelle se livre M. Mabilleau sur ce système est très intéressante : " Le monadisme, conclut-il, a ruiné à jamais le concept de matière passive et transformé pour un temps le concept de matière active qui venait de reparaître dans la doctrine vaguement hylozoïstique de Gassendi. „

Si l'influence de Locke sur Leibniz fut très restreinte, il en est tout autrement de son action sur Maupertuis. M. Mabilleau apprécie peu le faux docteur Baumann et son *Système de la nature;* mais l'étude développée qu'en a faite M. Pillon ne nous permet pas d'être de cet avis. Citons, comme exemple, son argumentation si précise contre l'atomisme d'Épicure : " Pour renverser un tel système, dit-il, il suffit de demander à ceux qui le soutiennent comment il serait possible que des atomes sans intelligence produisissent une intelligence. Croient-ils que l'intelligence se tire du néant elle-même? Car elle naîtrait du néant si, sans qu'il y eût aucun être qui contînt rien de sa nature, elle se trouvait tout à coup dans l'univers. „ Ajoutons que Maupertuis se distingue de Leibniz en ce que, sous réserve de l'âme indivisible et immortelle qu'exigent les idées morales, il enseigne que chaque élément, en s'unissant aux autres, perd la conscience du *soi* et concourt à former la conscience du tout.

Sans nous arrêter à Lemaire et Roiset, ni à Mme Clémence Royer et quelques autres, sans entrer non plus, pour les raisons que nous avons déjà dites, dans la discussion du livre consacré à l'atomisme dans la science, résumons brièvement les conclusions personnelles de l'auteur. Admettant, avec Leibniz, le progrès de la monade et, par suite, la subordination des éléments inférieurs autour d'un centre plus parfait, il échappe à la conclusion que l'esprit ne serait que la résultante des combinaisons organiques. Ainsi est sauvegardé le principe de l'*unité de l'esprit*, postulat de la conscience et de la raison. " L'organisme serait l'ensemble des monades inférieures groupées, dès le premier moment, par la monade séminale, et peu à peu entraînées dans le mouvement des fonctions vitales, sous l'influence active et directrice du principe d'unité, qui ne serait autre que l'esprit... Le corps est le sujet des perceptions de l'âme et, le corps manquant, l'âme ne serait plus qu'une puissance pure. De même, une âme ne saurait passer d'un être dans un autre, parce qu'il y a,

comme dit Aristote, une adaptation rigoureuse de l'unité à la proportion qu'elle détermine et régit. „

D'autre part, par son impuissance radicale à faire sortir la matière, par elle-même, du chaos de la division, l'atomisme fait ressortir la nécessité d'une loi *transcendante* pour grouper les unités isolées en systèmes et ordonner les systèmes de façon à obtenir la résultante universelle. “ L'atomisme suppose une finalité interne en chaque être et un plan externe pour tous. Au dehors comme au dedans, l'atome n'est rien que par la pensée; c'est elle qui le *meut* en tant qu'il est *force*, c'est elle qui le dirige en tant qu'il est *matière : Spiritus intus alit, — Mens agitat molem.* „

GEORGES LECHALAS.

III.

DIE RESTE DER GERMANEN AM SCHWARZEN MEERE. Eine ethnologische Untersuchung von DR. RICHARD LOEWE. — Halle, Niemeyer, 1896. — Un vol. in-8° de XII-270 pp.

Il y a beau temps déjà que le problème soulevé dans l'ouvrage de M. Loewe passionne les ethnologues. Le 16 décembre 1562, Auger Busbecq, le célèbre ambassadeur de la cour d'Autriche à Constantinople, écrivait, dans sa quatrième lettre sur la légation de Turquie : “ Je ne saurais passer sous silence les renseignements recueillis sur une population qui, aujourd'hui encore, occupe la Chersonèse Taurique, et dont j'avais entendu parler fréquemment comme accusant par son langage, ses mœurs, sa physionomie même et ses caractères anthropologiques, une origine germanique. J'avais donc depuis longtemps le désir de voir quelque représentant de cette nation et aussi d'obtenir par lui, si c'était possible, quelque document écrit dans sa langue. Mais mon espoir avait été déçu. Toutefois, le hasard vint donner quelque satisfaction à ma curiosité. Il arriva ici deux délégués de cette tribu, chargés de déférer au sultan je ne sais quelles plaintes de la part de leurs concitoyens. Mes interprètes les rencontrèrent, et se rappelant que je leur avais autrefois demandé de me communiquer, le cas échéant, ce qu'ils apprendraient au sujet de ce peuple, ils m'amenèrent à dîner les deux

envoyés. L'un des deux était de taille élancée; tout son extérieur respirait une sorte de simplicité ingénue, on l'eût pris pour un Flamand ou un Hollandais. L'autre était plus petit, d'apparence plus massive. Son teint était sombre. Comme il était d'origine grecque, la langue hellénique lui servait d'idiome maternel. Toutefois, un fréquent commerce avec les tribus de la Chersonèse lui avait acquis une pratique très suffisante de leur langue. Au contraire, le premier, grâce au voisinage de la Grèce et à des relations suivies avec ce pays, s'était tellement approprié leur langage qu'il avait oublié le dialecte de ses compatriotes (1).„

Busbecq essaie en outre de déterminer à quelle race appartenaient les deux envoyés de la Chersonèse rencontrés par lui à Constantinople. “ Je ne saurais, dit-il, décider si ce sont des Saxons ou des Goths. Si ce peuple est saxon, je pense qu'il aura été poussé en ce pays par Charlemagne, qui dispersa cette nation en différentes contrées du globe. La preuve en serait dans le grand nombre de villes de la Transylvanie qui sont, même de nos jours, occupées par des Saxons. Il se pourrait que les tribus les plus sauvages eussent été reléguées dans la Tauride jusqu'en Chersonèse, où elles ont gardé jusqu'à ce jour la religion chrétienne au milieu des populations infidèles. Si ce sont des Goths, je crois qu'ils habitaient jadis un territoire limitrophe des Gètes. On ne sera pas dans l'erreur, sans doute, en affirmant que la majeure partie de la région comprise entre les îles de Gothie et de Prœcope (2) était autrefois au pouvoir des Goths. „

Enfin, après avoir décrit, dans les termes que nous venons de traduire, les caractères anthropologiques des Goths de Crimée, Auger Busbecq insiste longuement sur la langue de ce peuple. Il donne une double liste, l'une de trente-neuf mots, l'autre de vingt-sept. L'identité des termes de la première avec les idiomes germaniques saute aux yeux; pour ceux de la seconde liste, cette identité est moins évidente, mais une analyse philologique patiente parvient à l'établir pour la plupart des cas.

C'est en notre siècle que les pages curieuses de Busbecq attirèrent vivement l'attention des philologues et des ethno-

(1) *Augeri Gislenii Busbequii de legatione turcica epistolae quatuor* éd. de Leyde, 1633, pp. 321-327.

(2) La Gothie formait le sud de la Crimée actuelle, et ce que Busbecq appelle l'île de Prœcope est évidemment le territoire de la ville moderne de Perecop. Voir Sprüner-Menke, *Hand-Atlas für die Geschichte des Mittelalters und der neueren Zeit,* 3e édit., 1880, no 68.

graphes. Les premières interprétations furent peu scientifiques. C'est ainsi que J. Kickx (1), à la suite de Des Roches (2), avait cru reconnaître des Scythes dans les indigènes signalés par Busbecq. Heffner (3) adoptait l'hypothèse de l'historien allemand Henzel, retrouvant ici les Boïens, peuplade gauloise du centre de l'Europe, émigrée en Asie mineure et connue plus tard par les Grecs et les Romains sous le nom de Gallo-Grecs ou Galates.

Personne n'a ratifié l'opinion de Busbecq relativement à la possibilité d'apparenter les habitants de la Chersonèse aux Saxons, et c'est la seconde de ses hypothèses, celle qui en fait des Goths, qui rallie aujourd'hui tous les suffrages, et qui ressort des travaux philologiques de Massmann (4), Mannhardt (5), Förstemann (6), Kremer (7), Ihre (8), Diefenbach (9), von der Gabelentz et Loebe (10), Le Marchant Douse (11), Tomaschek (12).

Il est piquant de rapprocher de ces nombreux et intéressants travaux, provoqués par la lettre de Busbecq, l'observation qu'elle suggérait, au XVIIIe siècle, à l'abbé de Foy, l'un de ses traducteurs : " Dans cet endroit, Busbecq, pour faire voir le rapport que la langue de cet insulaire avait avec la sienne, rapporte un grand nombre de mots dont j'ai cru devoir épargner l'ennui au lecteur ; cette nomenclature ne m'a pas paru assez intéressante pour que je crusse être dans le cas d'encourir des reproches sur la liberté que je prends en la retranchant de ma traduction (13). „ Que dirait aujourd'hui l'abbé de Foy en voyant avec quel soin minutieux l'érudition contemporaine a commenté le passage des œuvres de Busbecq si dédaigné par lui ?

En 1884, au Congrès archéologique d'Odessa, on avait posé la question suivante : *De quelle nation étaient les étrangers*

(1) Bulletins de l'Académie royale de Belgique, t. VI, p. 211.
(2) *Histoire ancienne des Pays-Bas autrichiens*, p. 37.
(3) *Notice sur Auger-Ghislain de Busbeck*, p. 132-134.
(4) Haupt's Zeitschr. f. d. Alt., t. I, pp. 345 et suiv., et Sitzungsberichte der geogr. Gesellsch. in Berlin, 1851, pp. 14 et suiv.
(5) *Ueber eine gothische Mundart*, dans Zeitsch. f. vergleichende Sprachforschung, t. II, pp. 166-181.
(6) *Geschichte des deutschen Sprachstammes*, t. II, pp. 158-170.
(7) *Beiträge* de Paul et Braune, t. VII, p. 415.
(8) Introduction au *Glossarium suio-gothicum*.
(9) *Vergleichendes Wörterb. der gothischen Sprache*.
(10) Introduction à la grammaire gothique publiée par Migne, *P. L.*, t. XVIII, p. 894.
(11) *Introduction to the Gotic of Ulfilas*, p. 5.
(12) *Die Goten in Taurien*, pp. 57-67.
(13) *Lettres du baron de Busbecq*, t. II, p. 308.

venus de la Crimée qui se présentèrent à Busbecq, ambassadeur allemand à Constantinople ? M. C. G. Curtis, dans sa réponse (1), chercha à établir que ces étrangers étaient des Varègues, les descendants de la garde palatine de Byzance dont parle Codinus (2).

Après tant de recherches qui se sont succédé depuis un demi-siècle, M. Loewe a pensé qu'il y avait encore à glaner. En effet, ces recherches n'avaient pas abouti sur tous les points. Il restait bien des témoignages intéressants à recueillir sur les Goths de Crimée ; plusieurs des termes du vocabulaire dressé par Busbecq étaient demeurés inexpliqués ou avaient reçu de fausses interprétations. La phonétique de cette langue germanique avaient été complètement négligée. On ne s'était guère occupé des caractères anthropologiques de ce peuple oublié, et l'on n'avait pas davantage essayé de refaire son histoire. En un mot, on s'était surtout contenté de relever les indices de son existence à travers les siècles, de caractériser son idiome et sa nationalité.

M. Loewe a voulu combler toutes les lacunes que nous venons de signaler dans les travaux de ses devanciers. Il a même élargi le sujet, et bien que les Goths de la Crimée aient la grosse part de son volume, il a pourtant étendu ses investigations à tous les descendants des races germaniques groupés autour de la mer Noire. En effet, outre les Goths de la Crimée, il y a là en Bithynie, sur les côtes de l'Asie mineure, les Γοτθογραῖκοι signalés par Théophane (3), et les Δαγοτζηνοί mentionnés par Constantin Porphyrogénète (4). Dans le Caucase, on connaît les tribus germaniques des Εὐδουσιανθί et des Τετραξῖται. Enfin en Europe, en Mésie, il y eut, non loin de Nicopolis, sur les bords de la mer Noire, les *Gothi minores*, appelés aussi Goths de Mésie.

Mais, je le répète, c'est aux Goths de Crimée que M. Loewe accorde toute son attention. Il commence par rechercher dans l'histoire tous les témoignages qui ont précédé et suivi celui d'Auger Busbecq, depuis le VIIIe jusqu'au XVIIIe siècle. Nous en citerons quelques-uns. Vers la fin du VIIIe siècle, les habitants du Pont étaient diocésains des évêques de Chersonèse et de *Gothie* (5). Les Bollandistes ont publié les Actes d'un évêque

(1) *Compte rendu du Congrès archéologique d'Odessa*, t. II, 1889, pp. 186-191.
(2) *De Officiis palatii*, éd. de Bonn, 1839, cap. VI.
(3) Éd. de Boor, t. I, p. 385.
(4) *De Thematibus*, lib. I, éd. de Bonn, t. III, p. 25.
(5) Surius, *Vita S. Stephani*, ad d. 28 nov.

Jean de Gothie (1), et dans la légende de saint Cyrille, l'apôtre des Slaves, le nom des Goths apparaît dans une énumération des peuplades de la Chersonèse (2). En 1245, une lettre du pape Innocent IV adressée, le 22 mars, aux Frères-Mineurs des régions orientales, mentionne les Goths parmi les peuples de ces régions (3). Le 20 mai 1253, Rubruk, envoyé par saint Louis au grand Khan de Tartarie, abordait en Chersonèse, et, dans la description qu'il fait de ce pays, on relève le passage suivant : " Entre Cherson et Soldaia, il y a quarante châteaux-forts ; les habitants de chacun d'eux ont leur idiome particulier. Parmi eux, il y avait beaucoup de Goths, qui parlent un idiome teutonique (4). „ En 1305, Jean de Montcorvin remarque que, pour aller en Asie, la route qui passe par la " terre des Goths „ est plus courte et plus sûre (5). Dans le bref de Jean XXII, donné le 5 juillet 1333 au Frère Richard d'Angleterre (6), il est aussi question de la " terre de Gothie „. Il y a enfin de la même époque des pièces, publiées par Silvestre de Sacy, où la Gothie est mentionnée et où l'on parle du " *Capitaneatus Gothiae* (7) „.

Sur les Goths de Crimée nous possédons des renseignements plus explicites encore dans certaines relations de voyages, notamment dans celles de Jean Schiltperger, bourgeois de Munich, qui visita la Chersonèse en 1427, et du Vénitien Josaphat Barbaro en 1436. Le premier cite en Crimée une région du nom de *Kuthi*, où était en usage la langue *Kuthia* (8). Sous une forme arménienne ou tartare, nous avons là une variante du terme *Gothia*. Le rapport de Barbaro est plus significatif encore : il confirme d'une manière frappante ce que Rubruk écrivait deux cents ans auparavant. En effet, le voyageur vénitien raconte que les Goths de la Crimée parlaient une langue tudesque et qu'ils se faisaient parfaitement comprendre d'un de ses serviteurs qui était allemand (9).

Le XVIe siècle fournit, outre la lettre déjà citée de Busbecq,

(1) *Act. SS.*, Iunii t. V, pp. 184-194.
(2) Cité par Tomaschek, *Die Goten in Taurien*, p. 26 ; Loewe, pp. 113, 114.
(3) Élie Berger, *Les Registres d'Innocent IV*, t. I, p. 208, nº 1362.
(4) *Recueil des mémoires et des voyages, publié par la Société de géographie de Paris*, t. IV, p. 219.
(5) Cité par Tomaschek, *Die Goten in Taurien*, p. 46.
(6) Theiner, *Monum. Polon. et Lithuan.*, t. I, p. 347.
(7) *Notices et extraits des manuscrits*, t. XI, 1827, p. 52.
(8) Ed. de Karl Fr. Neumann, Munich, 1859, p. 135.
(9) *Viagi fatti da Vinetia alla Tana*, 1545, p. 18 *b*.

trois mentions des Goths de Tauride. La première vient de Matthias de Miechow, qui écrivait en 1517 (1). Dans son récit de la destruction de Mancup, la principale place forte des Goths orientaux, cet auteur constate que les chefs de Mancup étaient Goths de race et d'idiome, et que, en les mettant à mort, eux, les seuls restes de la langue et de la nationalité gothique, Mahomet II détruisait à tout jamais les Goths, qui avaient déjà disparu depuis longtemps d'Italie, d'Espagne et de France. Leur destruction ne dut pas toutefois être aussi complète que le prétend Miechow, puisqu'en 1555, Conrad Gessner affirmait que les Goths survivaient dans les montagnes de Crimée et qu'ils cultivaient la vigne avec succès (2). En parlant de la *Kuthia*, que nous avons dit être la Gothie, Schiltperger constate également que cette région était riche en vins (3). Peut-être même n'est-il pas invraisemblable que les Goths donnaient à leur pays le nom de *Veinagards* " vignoble ", s'il faut en croire Synesius qui parle de Οὐννιγάρδαι (4). Suidas écrit le même nom sous la forme Ὀϊνγάοδαι (5), et chez Zonaras on lit Οὐϊνγάρδαι (6). Un autre détail fourni par Gessner constate l'existence prolongée des Goths après la ruine de Mancup, quand il nous apprend qu'ils devaient fournir au Khan de Tartarie un contingent de huit cents mousquetaires.

La correspondance de Leibniz et de Ludolf montre que ces deux érudits se préoccupèrent vivement de vérifier les renseignements donnés par Busbecq (7). Mais il ne semble pas que leur curiosité ait jamais été satisfaite. Pourtant en 1699, Jean Peringskiöld, dans les notes dont il éclaire l'édition de la *Vita Theodorici regis Ostrogothorum* de Cochlaeus (8), écrit ce qui suit : " Le spathaire Nicolas, interprète moldo-valaque du Czar, qui fut, sous la minorité de Charles XI, ambassadeur auprès de la cour de Constantinople, déclare qu'il y a en Crimée environ trois cents villages habités par des indigènes d'origine gothique, se servant d'une langue teutonique et des rites des chrétiens. Ils

(1) *De duabus Sarmatiis, Asiana et Europeana*, p. 22.
(2) *Mithridates*, p. 42.
(3) *Loc. cit.*, vide supra.
(4) Synesii *Epist.*, 18, p. 300.
(5) *Suidae Lexicon*, ed. Bekker, p. 762.
(6) *Lexicon*, s. v. Lipsiae, 1802.
(7) *Leibnitii opera omnia collecta studio Ludovici Dutens*, t. VI, pp. 105, 109, 110, 112.
(8) Stockholm, 1699, p. 348.

ont pour évêque un prélat goth, qui réside à Caffa, autrement appelée Theodosiopolis, ville située sur le Bosphore cimmérien. „ Sans doute, M. Loewe relève dans ce témoignage bien des inexactitudes de détail ; le fonds pourtant est à retenir.

Le témoignage du spathaire Nicolas clôt la série des renseignements certains sur l'existence des Goths de la Crimée, et M. Loewe est d'avis que c'est caresser un espoir chimérique que d'attendre le moindre résultat des recherches ethnographiques entreprises dans le but de retrouver des descendants des Goths décrits par Busbecq.

Il faut se borner aux documents que les temps passés nous ont livrés. Aussi bien, l'ouvrage de M. Loewe prouve qu'ils peuvent largement alimenter la critique. Sur les soixante mots du vocabulaire des Goths de Crimée livré par Busbecq, M. Loewe a réussi à établir une phonétique complète.

Voici les conclusions générales qui ressortent de cette étude. Le gothique de la Crimée était un dialecte germanique de l'ouest, et a de commun avec l'allemand ses deux modifications phonétiques principales et essentielles, l'allongement tonique et l'affaiblissement de toutes les voyelles atones en brèves. Un Allemand, en conversation avec un Goth de Crimée, a dû comprendre en très grande partie ce que lui disait son interlocuteur. Le gothique de la Crimée ressemblait plus à l'allemand et au bas-allemand que l'anglais et les dialectes nordiques. Il subit moins de transformations phonétiques que ces derniers idiomes, et s'associa moins d'éléments étrangers que l'anglais. Ce n'est donc pas par simple hasard que Rubruk a pu dire que les Goths de la Crimée parlaient *teutonice*, que Barbaro employait l'expression *in tedesco* et que Cureus qualifiait l'idiome en question de *teutsch*. De plus, c'est surtout du bas-allemand et même du néerlandais que se rapproche le gothique de la Crimée. Peut-être cette dernière conclusion paraîtra-t-elle suspecte, et l'on se dira que les transcriptions de Busbecq ont pu être influencées par sa qualité de West-Flamand, Busbecq étant originaire de Comines. M. Loewe démontre qu'il n'en est rien, et que l'ambassadeur de la cour de Vienne a traduit scrupuleusement les sons tels qu'il les percevait chez son interlocuteur.

Mais d'où sont venus les Goths qui ont si longtemps habité la Crimée ? M. Loewe voit en eux des restes de la nation des Hérules qui, par le Danube, se sont établis sur le Palus Méotide et se sont ensuite infiltrés dans le Caucase et en Crimée. Toutefois, ils ont perdu de bonne heure le nom particulier de leurs

ancêtres pour prendre celui plus générique de Goths, ou, pour mieux dire, les écrivains qui en ont parlé ont oublié la dénomination spéciale de leur tribu et les ont confondus sous le vocable universel de la race. Aussi M. Loewe n'est-il pas heureux dans le tour de force étymologique qu'il tente à propos de Timothée, le patriarche intrus d'Alexandrie, surnommé " le chat „ αἴλουρος. M. Loewe voit ici une corruption, par étymologie populaire, de Ἕλουρος pour Ἕρουλος, *Hellurus* pour *Herulus*. Cela est bien peu probable, et, en tout cas, aurait besoin d'une solide confirmation.

M. Loewe commente aussi longuement la lettre de Busbecq au point de vue anthropologique, et il en compare les données avec les récits d'autres voyageurs. Jusqu'à quel point les Hérules parvinrent-ils à se garder purs de tout mélange avec toutes les races qui vinrent se heurter dans la presqu'île de Crimée, Grecs, Tartares, Turcs, voilà qui est difficile à établir avec une complète précision, d'autant plus que les caractères ethnographiques signalés par Busbecq ne sont pas absolument décisifs.

Nous sommes sur un terrain aussi peu ferme, et M. Loewe ne se le dissimule pas, quand on cherche à déterminer les usages, les mœurs, le degré de civilisation des Goths de la Crimée. Faire le départ de ce qui leur appartient en propre et de ce qu'ils ont de commun avec leurs voisins d'autres races, n'est pas une entreprise aisée. En effet, ce que des historiens, comme Procope (1), rapportent à cet égard, n'est pas suffisamment caractéristique.

Il y a pourtant un côté de la civilisation gothique en Crimée qui semble bien frappant, et qui malheureusement a échappé aux investigations de M. Loewe. Nous voulons parler de la bijouterie des Goths. En effet, on a découvert en Crimée des pièces d'orfèvrerie très intéressantes, dispersées aujourd'hui dans le British Museum, la collection John Evans, l'Ermitage impérial à Saint-Pétersbourg, les musées archéologiques de Moscou et de Kertch. Il y a là en particulier des boucles de ceinture absolument semblables à celles qui étaient en usage chez tous les conquérants de l'Empire romain, des fibules d'or de la même facture que celles du trésor gothique de Szilagy-Somlyó en Hongrie, et des plaques cloisonnées du même dessin que la bordure de la couronne de Recesvinthus, conservée au

(1) *De aedificiis*, lib. III, cap. 7.

musée de Cluny. Ces recherches, dont les résultats ont été popularisés en France par M. le baron de Baye (1) et en Allemagne par M. le Dr Grempler, de Breslau, nous semblent d'une grande importance pour l'ethnographie des Goths de la Crimée et du Caucase. Nous les signalons à la sagacité de M. Loewe, afin qu'il les mette en œuvre, et que de ces données archéologiques il tire des conclusions qui viennent corroborer les déductions historiques et philologiques auxquelles son ouvrage a fait surtout appel.

Le lecteur s'est aperçu que, dans le compte rendu que nous faisons du livre de M. Loewe, les choses intéressantes qu'il rapporte nous ont préoccupé bien plus que la personne de l'auteur. Preuve très évidente, à elle seule, de la valeur de son œuvre, et de la façon méritoire avec laquelle il l'a exécutée. Nous nous en voudrions toutefois de ne pas rendre un hommage explicite à l'érudition étendue de M. Loewe. Son livre représente une somme de recherches considérables, où, à part le dernier point que nous avons signalé, il serait difficile de trouver une lacune, de produire un document ignoré. L'interprétation des témoignages est marquée au coin d'une sage critique, tous les textes sont discutés, et l'autorité des témoins scrupuleusement établie. Même compétence et égale fermeté dans les discussions philologiques, à l'exception toutefois du mot αἴλουρος dont nous avons parlé. En un mot, le travail de M. Loewe nous semble être un modèle de monographie ethnologique.

J. Van den Gheyn, S. J.

IV.

Le Congo. Quatre conférences publiques données par M. Hubert Droogmans. — In-8°, 122 pp. et 1 carte. — Bruxelles, Van Campenhout, 1894.

Mieux que tout autre, M. Droogmans était à même de mener à bien la mission qu'il a assumée. Attaché depuis quelques

(1) Voir : *Les Bijoux gothiques de Kertch*, Revue archéologique, 1888 ; — *L'Art chez les Barbares à la chute de l'Empire romain*, L'Anthropologie, 1890, t. I ; — *La Bijouterie des Goths en Russie*, Mémoires de la Société nationale des antiquaires de France, 6e série, t. I, 1890.

années déjà à l'administration de l'État Indépendant du Congo, il en connaît admirablement les rouages, et il a pu puiser à pleines mains dans la féconde mine des renseignements officiels ou des compagnies commerciales. On dira peut-être que son travail confine au panégyrique. Sans doute, mais cet enthousiasme, inspiré par le brillant avenir qui semble réservé à l'œuvre congolaise, n'est-il pas légitime ?

Si nous exceptons la publication de M. Chapeaux, cette œuvre n'a guère été étudiée dans son ensemble. L'intérêt que présente le travail de M. Droogmans est donc d'autant plus grand.

Les deux premières conférences paraissent de beaucoup les plus importantes. Dans la première, nous trouvons des considérations générales sur l'État du Congo. Ce sont les vues toutes personnelles de l'auteur.

Les Belges sont à l'étroit dans leur petit pays ; l'industrie a besoin de débouchés ; le Congo se présente avec ses richesses et ses trente millions d'habitants avides d'articles manufacturés. Parmi les marchandises ayant cours en Afrique, et dont la fabrication rémunératrice est possible en Belgique, figurent les tissus de laine et de coton, les armes, les vêtements, la faïencerie, la verrerie, la coutellerie, la quincaillerie, la ferronnerie, la bimbeloterie, etc.

En échange de ce que nous leur offrons, les Noirs donnent pour le moment, outre l'ivoire, quantité de produits que nous détaillerons en parlant de la flore du pays.

Tout en rompant une lance contre des préjugés assez répandus: impossibilité pour les Belges, en raison de l'Acte de la Conférence de Berlin de 1885, d'établir au Congo leur suprématie commerciale, insalubrité du climat, inaptitude du Nègre au travail, attitude hostile des populations indigènes envers les Blancs, M. Droogmans montre combien les colonies sont précieuses au développement des métropoles ; puis il dit un mot du côté philanthropique et humanitaire de l'œuvre africaine : l'émancipation et l'éducation de la race indigène. Cette éducation doit avoir pour objet l'amélioration de son état physique et social. Trois facteurs aideront au relèvement du Noir : l'État, les missions religieuses, et le commerce.

L'exploration et comme conséquence la connaissance de la géographie et des productions végétales, minières et animales du Congo, font l'objet de la deuxième conférence. L'immense blanc, qui caractérisait l'Afrique centrale de nos cartes, a presque entièrement disparu depuis la création de l'Association interna-

tionale du Congo. L'auteur donne quelques notions générales sur le grand fleuve africain, sur le relief du plateau qu'il arrose et sur l'aspect du pays au point de vue de la nature végétale. La partie navigable du Congo et de ses tributaires atteint 1300 kilomètres, non compris le Tanganyika, d'une superficie totale de 31 400 kilomètres carrés.

Au point de vue orographique, le bassin congolais est caractérisé par l'absence complète de chaînes centrales. Dans le Congo inférieur se profilent perpendiculairement au fleuve des rangées de hauteurs d'une altitude de 700 mètres environ. Les accidents de terrain qui se rencontrent entre le Stanley Pool et les sources du Luapula ne forment pas de lignes de relief proprement dites. Malgré leur altitude parfois voisine de 1500 mètres ils sont simplement le produit d'une érosion violente des eaux.

Sous le rapport végétal, les aspects du pays ne sont guère variés. Dans le Bas-Congo, l'ensemble est dénudé, d'apparence triste et pauvre; dans la région des chutes, le sol est généralement parsemé d'herbes géantes ; entre le Kwango et le Kassaï, et de là jusqu'à la frontière orientale de l'État et aux affluents méridionaux de l'Uellé, s'étendent à perte de vue des prairies ombragées de bouquets d'arbres, que des auteurs appellent la savane boisée. Les hauts plateaux qui se dressent à l'ouest du Tanganyika ont un sol argileux d'une excessive fertilité.

La flore du bassin du Congo est riche. Parmi les principaux spécimens figurent : le *palmier à huile* ou *Elaïs guineensis ;* sa hauteur est de 8 à 10 mètres; il fournit du vin et de l'huile comestible ou industrielle; le *baobab,* le géant des végétaux, qui se trouve surtout en deçà du Stanley-Pool; son écorce sert à la fabrication du papier d'emballage; le *bananier,* dont le fruit parfumé constitue, avec le pain de manioc et la patate douce, la nourriture principale des indigènes; les *Landolphia* ou lianes à caoutchouc, une des principales richesses du pays, très-exporté; son prix est de sept francs le kilogramme; le *kola,* ressemblant à la prune et ayant des propriétés pharmaceutiques bien établies; il produit en deux récoltes 50 kilogrammes de noix par année moyenne; l'*arbre à copal,* qui procure une gomme utilisée en Europe dans la fabrication du vernis : la *canne à sucre;* le *manioc,* dont la farine fournit un pain passable; l'*arachide :* on extrait de ses fruits une huile propre à l'éclairage, au graissage des machines et à la fabrication du savon; le *sorgho,* encore un produit donnant un pain noir assez lourd, et de la bière; le *maïs,* le *riz,* le *millet,* le *tabac ;* le *sésame,* d'où s'extrait une

huile très comestible; le *ricin*, le *piment*, le *cubèbe*, la *vanille*, le *caféier*, l'*oranger*, la *vigne* et quantité d'autres fruits; enfin d'excellentes essences forestières (bois de construction, d'ébénisterie et de teinture) : le *teck*, le *bois de rose*, le *hêtre*, l'*ébène*, l'*acajou*, le *cèdre africain*, l'*acacia*, le *santal*, etc.

Au cours de sa troisième conférence, M. Droogmans a entretenu son auditoire des principales peuplades congolaises : il montre leur manière de vivre, leurs mœurs et coutumes souvent étranges, leur naïveté et leur tendance à croire au surnaturel, leurs aptitudes commerciales et industrielles; en un mot leur vie sociale.

Citons notamment chez plusieurs tribus : l'anthropophagie, le tatouage, les soins donnés à la coiffure, etc., et chez la plupart la polygamie, la danse, le chant, les pratiques, souvent barbares, accompagnant les décès, l'organisation sociale en trois classes : les nobles ou riches, les hommes libres, et les esclaves; enfin une vague idée de l'existence d'une divinité suprême, idée qui n'est accompagnée ni de prière ni d'invocation.

Dans les régions du Bas-Congo est implantée l'adoration des fétiches; le féticheur, espèce de médecin-sorcier, peut être considéré comme le ministre du culte; il se recrute dans une véritable société secrète *(N'Kimba)*, où les jeunes gens reçoivent l'initiation.

Dans le Haut-Congo, les indigènes n'ont pas d'idoles proprement dites. Ils croient aux mauvais sorts et consultent les oracles.

Le travail de M. Droogmans se termine par l'étude de la situation économique et de l'organisation politique et administrative de l'État Indépendant du Congo.

Nous connaissons déjà les produits du sol. Ajoutons que l'État a entrepris de grandes cultures de caféiers et cacoyers, dont la prospérité paraît assurée.

Les richesses du sous-sol ne sont guère connues. On a cependant signalé des gisements de fer et de cuivre.

L'industrie indigène est rudimentaire, mais remarquable toutefois eu égard aux instruments de travail dont disposent les Noirs. Le forgeron fournit des armes : lames de poignards, fers de lance, pointes de flèche acérées, etc., des poinçons de bateliers, des hameçons délicats, des hachettes, des houes, des couteaux pour l'agriculture, des clous, des rasoirs(!), de grands couteaux d'exécution et de parade, des colliers, des épingles à cheveux,

des anneaux de fer et de cuivre, des clochettes de féticheurs et des grelots de guerre.

A l'industrie métallurgique il faut ajouter le tissage des fibres d'arbres et de plantes : palmier, baobab, ananas, coton ; la vannerie, la poterie, la sculpture sur bois et sur cuivre, le travail du bois (pirogues, pagaies, lits, fétiches, portes pour chimbecks, coupes sculptées, aiguilles à coudre, sifflets, etc.); la fabrication des instruments de musique : tambours ayant jusque six mètres de longueur, arcs sous-tendus d'un brin d'herbe, *marimba* ou petite boîte ayant à sa partie supérieure une demi-douzaine de lames en fer fixées sur une tringle au moyen d'un fil de fer, mandoline, guitare, etc.; la confection des engins de pêche : nasses, filets en cordes.

Le commerce n'est pas encore très développé ; le caoutchouc et l'ivoire seuls sont assez rémunérateurs. Mais le Noir a l'esprit commercial : l'on s'en convainc par l'acharnement qu'il met à débattre le prix de sa marchandise.

Pour compléter le tableau de la situation économique de l'État du Congo, il faut rappeler l'immense réseau fluvial, qui s'étend sur tout le bassin intérieur de ce fleuve, et qui n'atteindra sa valeur maxima qu'après l'achèvement du chemin de fer des cataractes.

On connaît l'organisation politique et administrative de l'État Indépendant. Le roi Léopold II en est le souverain. Il exerce le pouvoir, en Europe, par l'intermédiaire d'un secrétaire général qui dirige les départements de l'Intérieur, des Finances, et des Affaires étrangères, à la tête desquels sont placés des secrétaires; en Afrique, avec l'aide d'un gouverneur général, qui obéit à l'impulsion donnée par le gouvernement central, et est secondé par des inspecteurs d'État, des directeurs de service, des commissaires de districts, des cours de justice, etc.

F. Van Ortroy,
Capitaine de cavalerie.

V.

La Défense des États et la Fortification a la fin du xixe siècle, par le Général Brialmont. — Bruxelles, E. Guyot, 1895. — 1 vol. in-8°, xviii-349 pp. et un atlas in-f° de xvii planches.

Voilà quarante ans que l'auteur est sur la brèche pour réformer l'enseignement de la fortification et pour étudier la défense des États et les meilleurs types d'ouvrages défensifs. Durant ce long cycle, vaste période de transformations continues, il s'est produit dans les travaux de M. Brialmont, il en fait l'aveu sans détour, des hésitations, des tâtonnements, voire des contradictions. Le moment lui semble venu " de résumer ces études, de les compléter et d'en retrancher ce qui n'a pu résister à l'épreuve d'une discussion approfondie „.

Ce nouveau travail comprend une introduction (pp. I-XVIII); une première partie où il est traité de la Défense des États (pp. 1-60) ; une seconde partie qui concerne la Fortification proprement dite (pp. 61-308); enfin quatre annexes (pp. 309-342).

Dans l'introduction, le général plaide sa propre cause, c'est-à-dire qu'il explique la marche de ses idées, exposées, depuis 1863, dans plusieurs savants ouvrages.

En 1863, parurent les *Études sur la défense des États et la fortification* (1). Elles avaient pour but de provoquer une réforme dans l'enseignement de la fortification, resté stationnaire depuis un siècle ; de répondre aux critiques qu'avaient faites des travaux de défense d'Anvers, alors en cours d'exécution, des ingénieurs pour qui le tracé bastionné était supérieur à tous les autres, et le fusil plus efficace que le canon dans la défense des places ; enfin de produire des fronts polygonaux, plus complets et moins défectueux que ceux construits sur le Rhin après 1815 (à Coblentz et à Rastadt), et basés sur " un plus large emploi de l'artillerie, sur un meilleur mode de flanquement et sur l'établissement d'une partie de l'armement dans des casemates cuirassées ou dans des coupoles „.

Grâce à cette dernière mesure, on abritait les ouvrages contre les ravages des mortiers rayés, dont l'auteur prévoyait la prochaine introduction dans les parcs de siège. La première coupole construite pour la défense des places a été établie en 1862 sur le réduit du fort n° 3 d'Anvers. Le général Brialmont en fit le projet en 1861, en collaboration avec le capitaine Coles, de la marine anglaise. Rappelons que les forts qui enserrent la métropole commerciale belge appartiennent à l'époque de transition, caractérisée par le passage de l'artillerie lisse à l'artillerie rayée.

Les *Études* de M. Brialmont provoquèrent " des discussions

(1) Bruxelles, 3 vol. in-8°, avec atlas in-f°.

qui furent particulièrement vives en France et en Belgique, où les principes de l'École de Metz avaient encore de nombreux partisans „. Ces discussions engagèrent le général “ à préciser et à compléter ses idées sur la constitution des camps retranchés, sur le tracé des enceintes et des forts, sur le flanquement des fossés, l'organisation et l'armement des remparts, et à les appliquer aux divers cas qui peuvent se présenter dans la pratique. Ces applications font l'objet du *Traité de fortification polygonale*, qui parut en 1869 (1), et de la *Fortification à fossés secs*, qui date de 1872 (2) „.

Dans ces écrits, l'auteur a tenu compte des propriétés — alors parfaitement connues — des canons rayés, qui avaient fait leur apparition sur les champs de bataille de l'Italie. Mais contrairement à ses prévisions de 1863, les parcs de siège n'étaient pas encore dotés, en 1869 et en 1872, d'obusiers ou de mortiers rayés qui, “ par l'extrême précision de leur tir et les grands effets de leurs obus à balles, sont bien plus redoutables que les canons pour le personnel et le matériel des places fortes „. Ce fut seulement en 1885 que le général produisit, dans “ *La Fortification du temps présent* (3), des types de forts satisfaisant à toutes les nécessités créées par l'emploi de ces nouvelles bouches à feu „. La fortification du temps présent ne fut point celle de l'avenir. En 1886, au polygone de Cummersdorf, et en 1887, au fort de la Malmaison, à Paris, on lançait avec des mortiers rayés — sans danger pour servants ou bouches à feu — de longs obus contenant jusque 33 kilogrammes de mélinite ou de coton-poudre. La consternation et le découragement furent grands parmi les officiers du génie, qui crurent passé le temps de la fortification permanente.

Au lieu de suivre ce courant, le lieutenant général Brialmont tira des faits la conclusion “ qu'il faudra désormais protéger l'artillerie des forts par des cuirassements, renforcer l'épaisseur de toutes les maçonneries et remplacer les matériaux employés jusqu'à présent par du béton de ciment Portland et de galets siliceux, ou de fragments de granit „.

Ce sont ces nouveaux types de forts qu'il présenta en 1888 dans l'*Influence du tir plongeant et des obus-torpilles sur la fortification* (4). Il lui fut impossible “ d'indiquer exactement

(1) Bruxelles, 2 vol. in-8°, avec atlas in-f°.
(2) Bruxelles, 2 vol. in-8°, avec atlas in-f°.
(3) Bruxelles, 2 vol. in-8°, avec atlas in-f°.
(4) Bruxelles, 1 vol. in-8°, avec atlas in-f°.

les épaisseurs à donner aux voûtes, aux revêtements, aux murs de masque et de soutènement, parce que l'on ne connaissait pas alors — on ne les connaît même pas aujourd'hui — les résultats des tirs de démolition exécutés avec des obus-torpilles en France et en Allemagne „.

Mais on peut légitimement conclure des épaisseurs de voûtes et de murs adoptées ultérieurement par les ingénieurs français et allemands, et qui diffèrent peu des épaisseurs admises par le savant général belge, que le problème de la construction de forts permanents en état de résister aux nouveaux moyens d'attaque est pratiquement résolu.

Si on parvient même à découvrir des explosifs plus puissants que ceux actuellement employés — il en existe — et qui n'éclatent point en se décomposant ou en étant soumis au choc du tir, " il n'y aurait pas encore lieu de désespérer de la fortification permanente, car, en vertu du principe qu'à toute force on peut opposer une résistance qui en détruit les effets, il suffirait de renforcer la maçonnerie et les cuirassements, ce qui n'entraînerait aucune modification dans le tracé, l'organisation intérieure et l'armement des forts „.

Nous avons vu plus haut que le général Brialmont fut le premier ingénieur à doter, dès 1862, un ouvrage défensif d'une coupole en fer, et qu'il démontra en 1888 l'obligation de protéger les bouches à feu des forts au moyen de cuirassements. Dans la dernière partie de son introduction (pp. XII-XVIII), il rappelle quelques étapes de l'industrie des coupoles et des cuirassements. De 1866 à 1882, le major du génie allemand Schuman préconisa l'emploi du fer, et M. Gruson, propriétaire d'une usine à Buckau, fit adopter la fonte durcie pour les cuirassements ; à partir de 1882 ces deux constructeurs se sont associés ; le général décrit et apprécie dans les chapitres VI et XII du présent travail quelques types de leurs ouvrages ; ils ont été " appliqués à l'armement des forts dans divers pays. Ils se distinguent des types proposés depuis une dizaine d'années en France, en Angleterre et en Autriche, par un mécanisme simple et robuste, excluant l'emploi de la vapeur et des appareils hydrauliques, exigeant peu d'entretien et pouvant être manié facilement par des soldats „.

La question des coupoles a aussi été étudiée par deux officiers distingués du corps du génie français : le lieutenant-colonel Bussière et le commandant Mougin. Les coupoles Mougin

couronnent plusieurs forts de Paris, de la frontière française, et même du camp retranché de Bucarest.

La première partie de l'ouvrage que nous analysons est toute d'histoire et de critique. Elle renferme un court avertissement, fait surtout de définitions (pp. 1-2), et deux chapitres. Le premier est intitulé Camps retranchés. — Têtes de ponts. Places et forts isolés. Le second traite des Régions fortifiées.

Dans le premier chapitre (pp. 3-32), le général montre que l'accroissement et la plus grande mobilité des armées ont eu pour corollaire une différence dans la manière d'envahir et par le fait de défendre les pays.

Après les modifications apportées par les traités de 1678 à la frontière du nord de la France, Vauban proposa de défendre cette frontière au moyen de deux lignes de places fortes et de démolir ou de déclasser les forteresses qui se trouvaient en arrière. C'était le *système des lignes frontières*. Il fut appliqué partout, parce qu'il était conforme aux principes dont s'inspiraient les commandants des armées. Ils faisaient la guerre aux camps, aux places et aux positions. La prise d'une forteresse constituait l'opération principale et décidait du sort d'une campagne.

Vers la fin du 18e et au commencement du 19e siècle, les campagnes furent conduites tout autrement. L'envahisseur pénétrait dans le pays ennemi par une vigoureuse offensive et laissait les places derrière lui, se bornant à les faire observer jusqu'à l'arrivée des troupes de deuxième ligne, chargées de les assiéger ou de les bloquer. Gardons-nous de conclure que les forteresses avaient perdu de leur importance. Les guerres de la République et de l'Empire ont, au contraire, prouvé leur grande utilité. Mais on doit se demander s'il ne faut rien modifier à la disposition, à l'organisation et au rôle des forteresses. L'auteur en appelle au témoignage des généraux et des stratégistes les plus distingués de notre temps.

Le maréchal Gouvion-Saint-Cyr engagea, en 1819, le général de Sainte-Suzanne à publier un mémoire, annoté par Napoléon à Sainte-Hélène, où il n'est demandé que 13 grandes places et 10 petites places ou postes fortifiés pour défendre la France, qui avait encore à cette époque 97 places et 56 postes fortifiés. En deuxième ligne, Sainte-Suzanne proposait 4 places à grand développement — Laon, Langres, Clermont et Auch. — et au centre, comme dernier point d'appui des trois armées actives (nord, est, et midi), une grande position fortifiée : Orléans.

Jomini, le prince Charles, dans ses *Principes de la grande*

guerre, et Marmont, dans son *Esprit des institutions militaires*, ont émis sur la défense des États des considérations fort semblables à celles du général de Sainte-Suzanne. Dans son livre *De la Guerre*, paru en 1832, le célèbre stratégiste allemand von Clausewitz fait ressortir l'obligation de posséder divers centres fortifiés.

Le général Brialmont fait passer toutes ces idées au crible et conclut que les prescriptions suivantes pourraient être admises comme répondant aux nécessités *actuelles* de la défense des états :

A. *Fortifier la capitale,* lorsqu'elle occupe un point stratégique décisif, ou lorsqu'elle exerce sur la nation une influence telle que son occupation par l'ennemi marque la fin de la guerre. L'armée nationale peut alors opérer dans toutes les directions et à de grandes distances, sans être exposée à tomber au pouvoir de l'ennemi.

A défaut de la capitale, le réduit central de la défense sera, soit une place facile à approvisionner et très difficile à bloquer, comme Anvers, soit un pivot stratégique, tel Plaisance pour l'Italie.

Lorsqu'une capitale est un foyer d'intrigues politiques, et est dotée d'une population prompte à se soulever — ce qui pourrait paralyser la défense, — on soustraira la garnison au contact des habitants et on préservera la ville des calamités d'un bombardement, en créant autour de cette capitale trois camps retranchés permanents, dont les forts les plus rapprochés se trouveront à plus d'une grande portée de canon de la ville. Londres semble dans ce cas.

B. *Fortifier les nœuds des grandes communications internationales,* s'ils se trouvent sur des cours d'eau formant barrières stratégiques.

L'armée qui s'appuie à une tête de pont doit agir offensivement, parce que c'est le seul moyen d'utiliser les avantages de la place et ceux du fleuve. Elle doit donc éviter de livrer une bataille défensive ou de rester en contact immédiat avec la forteresse.

A défaut de barrière fluviale, où l'on puisse établir un pivot de manœuvres, on fortifiera près d'une frontière exposée à l'invasion un point important situé sur la ligne d'opérations de l'ennemi ou à proximité de cette ligne. Citons comme exemple le camp retranché de Reims.

C. *Créer au nœud des grandes communications internationales d'une frontière attaquable, s'il se trouve sur la ligne*

d'opérations de l'ennemi ou assez près de cette ligne pour la menacer en flanc, non pas une grande place isolée, mais une région fortifiée, et si ce nœud ne se trouve ni dans l'un ni dans l'autre cas, créer sur chaque zone d'invasion une région fortifiée spéciale, d'après les principes qui seront exposés dans le chapitre II.

D. *Fortifier une position centrale en arrière d'une chaîne de montagnes longeant la frontière,* pour servir de pivot de manœuvres à l'armée défensive.

E. *Barrer, au moyen de forts d'arrêt, les voies de communications à travers une chaîne de montagnes, nécessaires à l'envahisseur pour déboucher dans le pays et à l'armée nationale pour prendre l'offensive.*

Lorsqu'une frontière est couverte par une chaîne de hautes montagnes qui ne la borde pas de près, on construit une grande place en avant des principaux débouchés. Tel est le cas des forteresses de Jaroslaw et de Przemysl en avant des Carpathes.

Les forts d'arrêt sont particulièrement utiles pour intercepter les voies ferrées, devenues si indispensables aux armées.

F. *Construire des fortifications passagères et prendre des dispositions tactiques pour défendre une chaîne de montagnes dont les défilés sont occupés par des forts d'arrêt et en arrière de laquelle se trouve une position centrale fortifiée.*

Les ouvrages improvisés destinés à barrer des défilés de montagnes consistent en redoutes, blockhaus, batteries et tranchées-abris, renforcés par des défenses accessoires.

G. *Fortifier les ports qui renferment les arsenaux et les chantiers de la marine et servent de bases d'opérations aux flottes.*

H. *Assurer la possession des provinces éloignées du théâtre principal de la guerre au moyen d'une grande forteresse,* afin de n'avoir pas à y faire un détachement qui réduirait l'armée en campagne à un effectif insuffisant.

Grâce aux voies ferrés qui leur permettent de tirer de l'intérieur les approvisionnements et d'y évacuer leurs *impedimenta :* malades, blessés, prisonniers, matériel conquis ou mis hors de service, les états ne doivent plus établir sur chaque frontière une place de dépôt. Toutefois on évitera les longs transports en organisant comme place de dépôt la forteresse en deuxième ligne qui, sur chaque zone d'invasion, sert de pivot de manœuvres à l'armée défensive. Ainsi Mayence, place en deuxième ligne par

rapport à Metz, Strasbourg et Thionville ; Magdebourg, place en deuxième ligne par rapport à Coblentz, Cologne et Wesel.

Le général termine le chapitre I de son ouvrage en combattant une opinion très-répandue et de nature à fausser les idées sur le rôle et l'importance des positions fortifiées. " Les places à camp retranché formant position de deuxième ligne exercent, dit-on, sur les armées une force d'attraction qui les retient sous leurs murs quand l'intérêt de la défense exigerait qu'elles se portassent sur une autre partie du territoire pour y continuer la lutte. „

Cette opinion repose sur une fausse appréciation et un exposé inexact des faits, et la critique n'a pas cité jusqu'ici un fait ni produit un argument portant condamnation contre les grands pivots stratégiques.

Des stratégistes comme le prince Charles, Jomini, von Clausewitz, admettent la retraite sur une place fortifiée d'une armée battue ou numériquement trop faible pour résister à l'ennemi.

Si Magdebourg avait été fortifiée et approvisionnée en 1806, l'armée prussienne n'aurait pas fait une retraite divergente, qui la fit tomber entièrement, au bout de trois semaines, au pouvoir des Français.

En 1870, la place de Metz aurait rendu les plus grands services à la France, si Bazaine avait été à la hauteur de sa mission. Le général Brialmont a montré ce que le maréchal a fait et ce qu'il aurait dû faire, dans une étude publiée en janvier 1894 par l'Internationalen Revue de Dresde, et dont il reproduit la partie principale dans l'annexe 2.

D'après la conclusion de cette étude, " Bazaine, après avoir négligé l'occasion d'attaquer, dans d'excellentes conditions, les corps allemands le 13 août, pendant qu'ils exécutaient devant ses troupes concentrées leur dangereux mouvement de flanc pour franchir la Moselle en amont de la place, et après avoir perdu par sa faute, le lendemain, la bataille de Borny, aurait dû gagner le plus vite possible les plateaux de la rive gauche, par les quatre routes qui y aboutissent, laisser à Metz un corps d'armée de 30 000 hommes et se porter ensuite sur Verdun. En opérant ainsi, il eût pris une avance de vingt-quatre heures sur les Allemands, à qui deux jours eussent été nécessaires — si les ponts de la Moselle avaient été détruits entre Metz et Frouard — pour exécuter leur mouvement tournant et gagner la ligne de retraite des Français „.

Jusqu'ici le général s'est occupé des places isolées; le chapitre

Il (pp. 33-60) est consacré aux groupes de forteresses ou aux régions fortifiées.

L'auteur expose leurs propriétés, et le grand rôle joué en 1848, 1859 et 1866 par le quadrilatère vénitien (Vérone, Legnano, Mantoue et Peschiera), en 1828 et 1877 par le quadrilatère bulgare composé de Varna, Silistrie, Roustchouk et Schoumla, et en 1870 par les groupes de place du nord de la France : Lille, Douai, Arras, Cambrai, Bouchain et Valenciennes.

Est ensuite établie la possibilité du blocus des plus vastes camps retranchés. Paris a été bloqué en 1870, et pourra encore être réduit à la famine malgré sa ligne d'investissement de 150 kilomètres.

Comment donc mettre les grands pivots stratégiques à l'abri d'un blocus ? On peut résoudre ce problème soit par la construction de camps retranchés d'un énorme développement, soit par la substitution à ces camps de groupes de places constituant des *régions fortifiées*.

Convaincu que cette dernière solution est la seule qui réponde aux nécessités actuelles, le général Brialmont a publié, en 1890, un travail où il fait une application théorique des régions fortifiées à la défense de cinq états. Nous avons donné ici-même un compte rendu de cet ouvrage (1). Nous y renvoyons, puisque l'auteur se *borne* aujourd'hui à reproduire les principales conclusions de cette intéressante étude.

La deuxième partie de la *Défense des États*, de beaucoup la plus importante, est absolument spéciale et technique; nous regrettons de devoir en écourter l'analyse.

L'auteur commence par signaler la transformation qui s'est faite dans la construction proprement dite des ouvrages défensifs. Hier encore on utilisait les maçonneries en briques et en moëllons ; actuellement, en raison de la puissance de pénétration des projectiles employés par l'attaque, on doit recourir, au moins pour les parties exposées au tir de plein fouet ou au tir plongeant de l'artillerie, à un " béton composé de galets siliceux ou de fragments de roches primaires, de ciment artificiel, dit de Portland, et de sable rugueux, exempt de matières étrangères et surtout d'argile ".

Puis viennent des considérations sur la hauteur minima à donner aux revêtements d'escarpe, sur l'épaisseur qu'auront les voûtes...., sur les défenses accessoires (abatis, réseaux de fils de

(1) Revue des quest. scient., juillet 1890.

fer avec tiges métalliques ou piquets en bois, etc.) à préparer en temps de paix ou à créer au moment de la mise en état de défense, sur la forme et les dimensions des grilles, des créneaux et embrasures, des cuirassements, des ponts mobiles, des portes roulantes en tôle d'acier, des revêtements de contrescarpe. Enfin le savant ingénieur nous entretient de la difficulté d'éclairer et de ventiler les locaux des forts, de l'utilité des plantations faites dans les forteresses, et de la nécessité de maintenir et même d'étendre les zones de servitude défensives.

Le terrain déblayé de toutes ces questions accessoires (ch. III. pp. 61-88), l'auteur entre au cœur de son sujet (ch. IV, pp. 89-105).

Les grands progrès de l'artillerie, de même que l'apparition de la poudre sans fumée, semblaient être particulièrement favorables à l'attaque; pour plusieurs même c'en était fait de la fortification permanente. Or c'est la défense qui tire les plus grands avantages de ces inventions, dans les camps retranchés permanents composés d'une ceinture de forts avec armement cuirassé.

Il faut évidemment que ceux-ci satisfassent à certaines conditions (ch. V, pp. 107-146). Quelles sont-elles ? Quelles seront, si on les veut à l'abri d'une attaque de vive force, la disposition et la nature des forts et fortins qui formeront la ceinture des camps retranchés futurs ? Quant à ce dernier point, le général donne la préférence aux camps retranchés composés d'une ceinture de grands forts dont les feux se recroisent sur de larges intervalles, et dans la construction desquels on respectera avant tout le principe du flanquement (des fossés) par l'artillerie.

Dans tout camp retranché permanent nous aurons les éléments suivants : 1° une ligne de postes fortifiés, servant à retarder l'investissement: c'est la *position avancée ;* elle se trouve à 2000 ou 3000 mètres de la ligne des forts ; 2° une ceinture de forts (première ligne) sur laquelle se produit le grand effort de la défense ; c'est la *position de combat ;* elle est éloignée de plus de 6000 mètres de l'enceinte ; 3° une seconde ligne ou *position de soutien* placée à 2000 mètres en arrière de la première ligne ; elle doit rendre intenables les parties de la première ligne tombées au pouvoir de l'ennemi, protéger la retraite de l'artillerie de combat de cette ligne et favoriser les retours offensifs de la réserve générale ; 4° une *enceinte de sûreté,* qui a pour objet principal d'empêcher l'ennemi de s'emparer de la position en pénétrant dans le camp retranché sur les talons de l'armée

défensive, affaiblie ou démoralisée par une grave défaite essuyée en rase campagne.

Dans les chapitres VI, VII et VIII, l'auteur aborde l'organisation défensive proprement dite d'un camp retranché permanent, c'est-à-dire les conditions techniques auxquelles il doit satisfaire.

Tout d'abord quel sera l'armement des forts (ch. VI, pp. 147-191) ? Il se composera de canons de 150 et de 120, d'obusiers de 210 et de 120, de mortiers de 210, et de canons à tir rapide de 57. La plupart de ces bouches à feu seront protégées, par des coupoles pour un ou deux canons, contre le tir de plein fouet et le tir plongeant.

L'invention des coupoles est due au capitaine Coles de la marine anglaise (1855). Elles ont subi bien des critiques avant d'acquérir le droit de bourgeoisie. Il semble que les défauts reprochés à ce mode de cuirassement ont entièrement disparu dans les coupoles construites de 1890 à 1892, pour les forts de la Meuse, d'après un programme soumis par le général Brialmont à la Commission belge d'armement.

En tous cas, aucun mode de cuirassement n'offre les mêmes garanties au point de vue du service, de la sécurité du personnel, et de la résistance au tir. La résistance au tir de démolition s'accroît d'ailleurs avec les progrès de la métallurgie. En 1892, on a essayé au polygone russe d'Ochta une plaque en acier-nickel, provenant de l'usine américaine de Harvey, et ayant $2^{m}50$ de hauteur, 2 mètres de largeur et $0^{m}28$ d'épaisseur. Elle a subi le choc de 4 projectiles Holtzer (en acier chromé) de 150, animés d'une vitesse de 650 mètres et tirés normalement contre la plaque. On ne releva aucune fissure, et la profondeur de la pénétration ne dépassa pas $0^{m}125$. La plaque ne fut fissurée qu'avec un projectile de 230 (pesant 180 kilogr.), animé d'une vitesse de 570 mètres. Un sixième coup tiré avec le canon de ce même calibre ne détacha aucun fragment de la plaque et le projectile fut brisé.

En Autriche, on va employer pour les coupoles des forts de Cracovie et de Przemysl le fer homogène ou acier doux, qui peut être employé sans passer par le laminoir ; cela permet de donner aux plaques des coupoles une section dont l'épaisseur décroît depuis le centre de la calotte jusqu'aux bords, où la résistance doit être la plus grande, parce que les obus de rupture l'atteignent sous les plus grands angles d'incidence.

L'auteur termine le chapitre VI en mentionnant diverses espèces de coupoles (cette partie du travail est complétée au

chapitre XII), et en répondant à cette double objection faite aux coupoles, que *leur prix élevé rend leur emploi impossible dans la plupart des cas,* et qu'*elles absorbent un personnel bien plus nombreux que les fortifications de l'ancien système.*

Il résulte d'une étude publiée par le lieutenant-colonel du génie allemand Reinhold Wagner, dans les JAHRBÜCHER FÜR DIE DEUTSCHE ARMEE UND MARINE, 1892, que les 21 forts à coupoles de la Meuse ont coûté 70 600 000 francs, tandis que le prix de 21 forts ordinaires avec armement à ciel ouvert se serait élevé à 93 885 000 francs. L'économie réalisée a donc été de 23 millions.

Quant à l'armement, il est pour les forts cuirassés de 212 canons destinés à agir sur le *terrain extérieur* et de 185 pour le *flanquement des fossés,* soit un total de 397 ; pour les ouvrages à ciel ouvert, de 562 bouches à feu, rien que pour battre le *terrain extérieur.* C'est encore 4 millions de francs économisés sur le matériel d'artillerie et les munitions.

Enfin l'économie du personnel est encore en faveur des forts à coupoles. Si l'on ne tient compte que des servants attachés aux pièces qui battent le terrain extérieur, il faut 4400 artilleurs pour les 562 pièces des forts ordinaires et 1200 seulement pour les 212 pièces des forts cuirassés. Toute la garnison de sûreté (infanterie et artillerie) s'élève pour ces derniers ouvrages à 10 950 hommes, et pour les premiers à un chiffre double.

Nous avons vu que les forts des camps retranchés préférés par l'auteur sont séparés par de larges intervalles. Lorsque ces forts " se trouvent à plus de 3500 mètres l'un de l'autre (ch. VII, pp. 193-209), on construit, dans les intervalles de ceux que la direction des lignes d'invasion et la disposition des lieux désignent comme devant être attaqués, des fortins (1) cuirassés, armés de canons dont l'objet principal est de battre le terrain en avant des forts collatéraux „ ; puis on complète la défense des intervalles par des batteries provisoires et des tranchées pour postes de soutien. L'armement de ces batteries se compose de quelques canons de 120 et de 150, mais principalement d'obusiers et de mortiers de 120, dont l'efficacité est autrement grande.

Les enceintes des camps retranchés, soit permanents, soit

(1) " Le fortin n'est à proprement parler qu'une grande redoute. Il représente le plus petit ouvrage permanent qu'on puisse établir dans les intervalles d'un camp retranché. „ Brialmont, *La Défense des États,* p. 256.

provisoires, ont des détracteurs et des panégyristes. Le général Brialmont croit ces enceintes indispensables (ch. VIII, pp. 211-228), et il est d'accord en cela avec des ingénieurs et des stratégistes éminents : Vauban, Todleben, Jomini, etc. L'enceinte donne de la confiance et de la sécurité aux habitants, prévient les paniques, double la force morale des défenseurs du camp, empêche l'ennemi, même si les forts sont éloignés de la place, de pousser une pointe hardie vers l'intérieur du camp pour détruire les approvisionnements, effrayer les populations et provoquer une capitulation prématurée ; enfin elle l'oblige à un nouveau siège après qu'il s'est emparé pied à pied de 2 ou 3 forts imprenables de vive force, et qu'il n'a pu attaquer que de front par le fait même de l'existence de l'enceinte.

Toutefois il y a désaccord, entre les partisans de l'enceinte, sur le moment le plus favorable à sa construction. Quelques-uns proposent de la construire pendant le siège des forts et de la composer de redoutes, de batteries et de tranchées, renforcées par des défenses accessoires. Mais cette construction est-elle possible alors ? Songe-t-on d'ailleurs que l'ennemi peut être vainqueur dans les combats qui précèdent l'investissement provisoire et qu'il pourrait s'emparer de la ville, après avoir pénétré dans le camp retranché à la poursuite de l'armée vaincue se repliant sur son pivot ?

Comment donc fortifier le noyau d'un camp retranché permanent, qui est ordinairement une grande ville ? Par une enceinte continue, construite avec un minimum de dépense, et de manière qu' " on ne puisse s'en emparer sans exécuter quelques travaux de siège consistant en batteries, pour démonter l'artillerie de la place, et faire des trouées dans les défenses accessoires, en tranchées-abris, pour protéger ces batteries, et en cheminements pour arriver à une place d'armes qui sera construite à 200 mètres environ de l'enceinte et d'où déboucheront les troupes d'assaut ".

Le général décrit une enceinte de ce type.

Il ne pouvait pas suffire à l'auteur d'avoir exposé les principes ou les conditions générales et stratégiques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages d'un camp retranché. Il en fait une application à un projet de camp retranché permanent en terrain accidenté (ch. IX, pp. 229-244).

Enfin dans les trois derniers chapitres il décrit des types de forts et de fortins pour camps retranchés permanents (ch. X, pp. 245-266), de forts isolés ou d'arrêt (ch. XI, pp. 267 280), de

coupoles, d'emplacements cuirassés pour mortiers de 120 et 210, d'affût-embrasure à blinde sphérique et de *phare cuirassé* à lumière électrique (ch. XII, pp. 281-308).

Les annexes, avons-nous dit, sont au nombre de quatre : 1. Note sur une brochure et une lettre du général de Sainte-Suzanne, auteur d'un nouveau système défensif pour la France (pp. 311-314) ; — 2. Considérations sur le blocus de Metz et la conduite de Bazaine, extraites d'un travail publié par le général Brialmont dans l'Internationalen Revue, de Dresde (pp. 315-333); — 3. Extraits du cahier des charges belge pour la fourniture de coupoles pour canons, destinées aux fortifications de la Meuse (pp. 334-340) ; — 4. Extraits d'une lettre du général de Blois à l'un de ses camarades du génie sur un envoi de mortiers à faire pour le siège de Sébastopol (pp. 341-342).

F. Van Ortroy,
Capitaine de cavalerie.

VI.

Théorie et pratique des Assurances sur la vie, par H. Laurent, Examinateur d'admission à l'Ecole polytechnique, Membre de l'Institut des Actuaires. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, publiée sous la direction de M. Léauté, Membre de l'Institut.) — Petit in-8° de 176 pp. — Paris, Gauthier-Villars et G. Masson, 1895.

Le premier qui a rassemblé en un ouvrage didactique les divers écrits sur la théorie des annuités viagères et des assurances sur la vie, est l'Actuaire anglais Francis Baily, dont l'ouvrage a été traduit en 1836 en langue française par A. De Courcy. Dans la préface dont De Courcy fait précéder sa traduction, on lit ceci : “ Bien peu de personnes se doutent que derrière le *prospectus* d'une compagnie d'assurances se cache toute une vaste théorie analytique qui repose sur les applications du calcul des probabilités aux lois de la mortalité. „ Cette observation s'applique parfaitement encore à l'époque actuelle.

Depuis, bon nombre de savants distingués, notamment en Angleterre, ont enrichi cette science de précieux documents et l'ont portée à un haut degré d'exactitude et d'importance mathématique.

C'eût donc été une véritable lacune si cette Encyclopédie scientifique n'eût pas compris parmi les ouvrages de la " Section de l'ingénieur „ le résumé de la théorie des assurances sur la vie.

En ce moment où le problème de l'assurance obligatoire se pose partout, la lecture de ce livre démontrera que l'assurance organisée sur des bases rationnelles est une question mathématique. " Les mathématiques, disait M. Cheysson au Congrès des Actuaires tenu à Bruxelles en septembre 1895, doivent être les auxiliaires de l'économie sociale. „

Il faut donc savoir gré à M. Laurent d'avoir enrichi l'Encyclopédie des Aide-Mémoire de ce petit volume où il expose d'une manière concise les principes généraux de la science des Assurances. Il y reproduit avec un peu plus de développements, et conformément aux progrès actuels de la science, les chapitres qu'il a consacrés autrefois dans son *Traité du calcul des probabilités* aux tables de mortalité et aux compagnies d'assurances, ainsi que différents articles qu'il a publiés dans le *Journal des Actuaires français* et le *Bulletin de l'Institut des Actuaires français*.

Comme l'auteur le dit dans un avertissement, ce livre s'adresse au public instruit, et il aurait pu ajouter : au public instruit dans la science mathématique. En effet, toutes les questions qui sont ici traitées, sont résolues de la manière la plus générale et presque constamment à l'aide du calcul différentiel et du calcul intégral.

Le système de notations employé est personnel à l'auteur; à notre avis, le système des notations de l'Institut des Actuaires anglais est préférable, il n'est pas plus compliqué et est plus complet et plus rationnel. C'est ce dernier, du reste, qui a été adopté comme système international, au congrès des Actuaires dont il a été parlé plus haut.

Dans l'ouvrage dont nous nous occupons, on peut distinguer trois parties principales. La première partie a trait à ce qui est la base du calcul des assurances, c'est-à-dire la table de mortalité. C'est d'elle que dépendent la construction du tarif et la détermination des primes qui sont la compensation des risques que court l'assureur. La construction et l'ajustement des tables de mortalité sont ici brièvement esquissés ; aussi cet exposé si concis ne donnera qu'une faible idée des travaux, bien documentés et où toutes les précautions avaient été prises pour éviter toute chance d'erreur, qui ont permis aux Actuaires de divers pays de

dresser des tables qui peuvent être considérées comme l'étalon de l'assurance pour ces pays.

La deuxième partie est consacrée à l'étude des annuités viagères ; c'est de la valeur de cette fonction de l'âge et du taux de l'intérêt que dépendent les primes des différentes opérations d'assurances sur la vie.

Enfin la troisième partie est consacrée au calcul de ces dernières primes et de la réserve.

L'ouvrage entier, qui est précédé d'un avertissement, est développé en 55 paragraphes, dont voici les titres :

1. *Introduction.* — L'auteur indique ici le but des Compagnies d'assurances sur la vie et définit le rôle de l'*Actuaire.* Il rappelle qu'il s'est fondé, dans divers pays, des sociétés appelées *Instituts d'Actuaires.* L'Institut des Actuaires français s'occupe non seulement de l'étude des questions qui intéressent les compagnies d'assurances, mais aussi de celles relatives à l'application des mathématiques aux probabilités, aux sciences économiques et financières. (En Belgique, une société sous le nom d' " Association des Actuaires belges „ est également en voie de formation.)

2. *Tables de mortalité.* — Ce paragraphe renferme la définition de la table de mortalité et montre quel en est le but. L'expression de la *vie probable* et de la *vie moyenne* est ensuite indiquée. On calcule ordinairement la vie moyenne en supposant que les décès se répartissent uniformément dans le cours de chaque année d'âge ; M. Laurent fait abstraction de toute hypothèse et est ainsi conduit à une intégrale pour la valeur de la vie moyenne. Pour calculer cette intégrale, il faut connaître la fonction qui exprime la loi de mortalité. On peut en trouver une valeur approchée au moyen de la formule d'Euler, en suivant la même marche qu'au n° 17 de cet ouvrage.

3. *Courbes de mortalité.*

4. *Construction des tables.* — L'auteur fait tout d'abord remarquer qu'il y a lieu de distinguer, dans la pratique, plusieurs espèces de tables de mortalité. Ainsi, par exemple, le public assuré est un public tout particulier qui doit avoir sa table spéciale. Après l'énumération de quelques-unes des différentes tables existantes, les procédés à suivre pour la construction des tables de mortalité sont exposés sommairement.

5 à 10. *Ajustement des tables. — Interpolation des tables. — Formules de Gompertz et de Makeham. - Choix d'une formule*

d'interpolation. — Ajustement par l'interpolation. — Diverses formules proposées pour l'interpolation des tables de mortalité.

L'ajustement des tables a pour but de compenser et de régulariser les données brutes des statistiques. La méthode graphique d'ajustement est esquissée en un mot. La méthode analytique d'ajustement consiste à interpoler la table, c'est-à-dire à chercher à représenter algébriquement la fonction y_x, qui désigne le nombre de vivants à l'âge x.

Les formules d'interpolation les plus employées sont celles des Actuaires anglais Gompertz et Makeham. La première jouit de la propriété que la probabilité de vie d'un groupe de têtes est la même que celle d'une seule tête, et la seconde, que la probabilité de vie d'un groupe de n têtes est égale à la probabilité de vie de n têtes toutes du même âge.

M. Laurent, de même que M. Bertrand l'a fait dans son traité de calcul des probabilités, part de la propriété qui caractérise la loi de Gompertz, et en n'annulant pas la dernière constante d'intégration qui devrait être nulle pour que cette propriété soit vérifiée, il arrive à une formule plus générale que celle de Gompertz et qui est celle de Makeham.

Il est à remarquer que c'est à l'Actuaire anglais De Morgan que l'on doit la première démonstration (1) de la propriété capitale de la formule de Gompertz. M. Bertrand (2), en partant de cette propriété, a déduit cette formule ou plutôt celle de de Makeham.

M. Laurent indique ensuite une formule d'interpolation qu'il a fait connaître dans le *Bulletin des Actuaires français*, n° 8, avril 1892.

11 à 13. *Influence des maladies sur la mortalité. — Influence du sexe. — Influence du milieu.*

14. *Sélection.* — C'est une grosse question à l'étude, en ce moment, dans le monde des Actuaires. Un individu qui conclut une assurance en cas de décès, n'est accepté que s'il est en bonne santé; il y a donc *sélection* à l'entrée dans l'assurance. Jusqu'à présent, les tarifs ont été établis en se basant sur des tables de mortalité résultant d'un ensemble d'observations faites sur des personnes d'un même âge actuel, mais qui ont subi la sélection

(1) Philosophical Magazine, 1839.

(2) Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, avril 1888; et aussi G. Bertrand, *Calcul des probabilités*, Paris, 1888, Gauthier-Villars.

depuis un certain laps de temps, différent pour chacune d'elles. Les probabilités de survie ou de décès qu'elles fournissent ne s'appliquent donc pas aux assurés nouveaux. Pour le calcul rigoureux des primes et de la valeur réelle des contrats en cours, il faudrait une table de mortalité distincte pour chaque âge, c'est-à-dire des tables de mortalité *par âge à l'entrée.*

15. *Considérations générales sur les opérations financières.* — C'est la formule de l'intérêt *continu*, c'est-à-dire que l'on suppose la capitalisation des intérêts se faisant à chaque instant et d'une manière ininterrompue, qui est ici établie.

15 et 16. *Capitaux différés.— Annuités ordinaires et viagères.* — La valeur de l'annuité ordinaire et viagère d'un franc est calculée en supposant successivement qu'elle est payable à la fin de chaque année, par fractions $\frac{1}{\mu}$ d'années, et enfin qu'elle est payable à chaque instant et d'une manière ininterrompue; c'est ce qu'on appelle l'annuité *continue.*

17. *Pratique des calculs.* — La méthode indiquée pour construire une table d'annuités viagères est celle des Actuaires anglais, par l'emploi des *symboles de commutation.* L'annuité continue est ensuite déduite de l'annuité ordinaire par les formules qui lient les intégrales aux sommes (formule d'Euler). La valeur de l'annuité semestrielle ou trimestrielle ou mensuelle est aussi déduite approximativement de celle de l'annuité ordinaire.

18. *Calcul des annuités par la formule de Makeham.* — Ce calcul est assez compliqué; ordinairement cette formule n'est employée que pour le calcul des assurances dépendant de la vie de plusieurs têtes.

19 et 20. *Annuités différées, temporaires,* etc. — *Annuités en progression.*

21 et 22. *Annuités sur deux têtes. — Annuités sur deux têtes temporaires ou différées.* — Le calcul des annuités sur deux têtes est tout à fait analogue à celui des annuités sur une seule tête.

On n'a pas construit de tables d'annuités sur trois têtes, dit l'auteur, et pour les calculer on admet la loi de Makeham. Il est à remarquer que ce procédé conduira à des calculs longs et pénibles, tout en ne donnant que des résultats approximatifs. Il sera donc préférable d'employer, pour le calcul des annuités sur plus de deux têtes, une formule approximative de sommation. Les calculs seront notablement simplifiés.

23. *Autres espèces d'annuités.* — Dans les deux paragraphes

précédents, les annuités considérées étaient payables tant que deux têtes d'âges a et b étaient en vie; ici on examine le cas où l'annuité est payable jusqu'au dernier décès, ou seulement à partir du premier décès.

24. *Nomenclature des diverses opérations des compagnies d'assurances.* — Elles se partagent en deux catégories : les assurances *en cas de décès* et les assurances *en cas de vie.*

L'auteur fait remarquer que l'assurance ne doit pas être considérée comme une *spéculation*, comme un placement *avantageux.* L'assurance est une marchandise que l'on ne doit acheter que quand on en a besoin, et, comme toutes les autres marchandises, elle coûte plus cher à l'acheteur qu'au vendeur.

Les paragraphes qui vont suivre se rapportent aux opérations les plus usuelles.

25. *Assurances " vie entière ".* — D'abord, calcul de la prime unique en supposant la somme assurée payable au moment du décès; l'expression de la prime est donnée par une intégrale ; puis successivement, en supposant la somme assurée payable au commencement de l'année où le décès doit avoir lieu, à la fin de l'année du décès, après une fraction $\frac{1}{\mu}$ d'année. Enfin, calcul de la prime viagère ou temporaire, payable annuellement ou par fraction $\frac{1}{\mu}$ d'année, équivalente à la prime unique.

26 à 29. *Assurances temporaires. — Assurances mixtes. — Assurances à termes fixes* et *Assurances des capitaux différés. — Assurance temporaire d'annuités.*

30. *Assurances sur plusieurs têtes.* — La prime unique est calculée d'abord dans l'hypothèse où l'assurance est payable au premier décès de deux têtes d'âge a et b, puis dans l'hypothèse où elle est payable au dernier décès.

31. *Assurances de survie.* — C'est le cas le plus compliqué, et quand le nombre de têtes en jeu dépasse deux, les opérations de survie peuvent être variées à l'infini.

M. Laurent a étudié ici le contrat en vertu duquel une compagnie s'engage à payer un capital déterminé à la mort d'une tête d'âge a, si une tête actuellement d'âge b lui survit, c'est-à-dire est encore vivante au décès de la tête d'âge a.

32. *Rentes viagères.* — Ce paragraphe est consacré aux assurances en cas de vie. Il renferme successivement le calcul des primes des rentes viagères pour la vie entière, des rentes différées, temporaires sur une tête, puis des rentes sur deux têtes payables pendant l'existence commune, ou jusqu'au dernier décès, ou réversibles en partie, soit sur une tête désignée, soit réver-

sibles pour une certaine fraction sur la première et pour une autre fraction sur la seconde.

33. *Correction relative aux arrérages.* — On désigne sous le nom d'*arrérages* la portion de la rente viagère proportionnelle au temps qui s'est écoulé depuis le dernier payement de la rente et l'époque du décès du rentier. Dans ce paragraphe, on calcule le prix supplémentaire à payer par le rentier pour assurer le payement de ses arrérages à ses héritiers, lors de son décès.

34. *Rentes à capital réservé.* — Cette opération n'est faite que par les Caisses nationales de Retraites pour la veillesse. A signaler ici une erreur typographique : à la page 94, ligne 14, l'expression $1 + C_a\, Q_a^n$ doit être remplacée par $(1 + C_{a+n})\, Q_a^n$.

35. *Assurances avec lots.* — M. Laurent examine le cas d'une compagnie d'assurances qui, dans le but d'attirer des clients, a décidé que tous les ans elle tirerait au sort un même tant pour cent de ses polices d'assurances vie entière, pour en rembourser le montant immédiatement.

La compagnie ne fait pas payer de surprime à ses assurés, parce que le calcul indique qu'elle est très petite.

Au point de vue moral, observe l'auteur, il est mauvais de transformer l'assurance en spéculation, ce qui lui fait perdre son caractère en l'assimilant à une roulette.

36. *Achats d'usufruits et de nu-propriétés.* — Ce sont des opérations analogues aux rentes viagères et assurances vie entière.

37. *Du chargement.* — On appelle ainsi la majoration que l'on fait subir à la prime *pure,* de manière à laisser à l'assureur un bénéfice certain.

38. *Réserve, rachat,* etc. — La notion si importante de la *Réserve* est définie et calculée pour quelques cas particuliers.

Le prix de rachat d'un contrat serait précisément égal à la réserve de ce contrat.

Les compagnies en retiennent cependant une certaine fraction pour se rembourser de divers frais.

31. *Contre-assurance.* — L'auteur examine le cas où le montant des primes d'une opération d'assurances doit être remboursé au décès de l'assuré.

40. *Quelques exercices.* — Cinq exercices sont résolus ; les trois premiers se rapportent aux Assurances de survie et sont assez compliqués.

41. *Changements produits dans les tarifs par un changement de la loi de mortalité ou du taux de l'intérêt.* — Si on adopte une nouvelle loi de mortalité *peu différente de la première,* il

n'est pas nécessaire de recommencer les calculs pour obtenir une nouvelle table d'annuités : on pourra obtenir les différences premières de ces fonctions avec une approximation suffisante.

Les changements de taux conduisent à des observations analogues.

42. *Examen d'un cas singulier.* — L'auteur examine le cas où le taux de l'intérêt de l'argent est nul. On sait que l'annuité viagère est alors égale à la vie moyenne.

43. *Du plein des assurances.* — Le *plein* d'une assurance est la somme maxima qu'un assureur peut accepter sur ce genre d'affaires sans se compromettre. En général, les compagnies se sont montrées très prudentes sur la question du plein, elles n'acceptent les grosses assurances qu'en distribuant une partie des risques qu'elles courent à d'autres compagnies.

La détermination analytique du plein est très compliquée. M. Laurent reproduit, dans ce paragraphe, l'article qu'il a publié sur cette question dans le JOURNAL DES ACTUAIRES FRANÇAIS, tome II, 1873, pp. 79 et 161, et aussi dans son *Traité du calcul des probabilités.* Les calculs qu'il y développe sont assez pénibles.

44. *Quelques détails pratiques sur le calcul des réserves.* — L'auteur revient dans ce paragraphe sur l'importante question de *la réserve* et sur la nécessité de la calculer avec le plus grand soin.

Au moment où une compagnie se fonde, dit-il, les capitaux affluent, les assurés sont jeunes, les sinistres sont rares, les recettes excèdent de beaucoup les dépenses, la caisse se remplit rapidement ; la prospérité n'est évidemment qu'apparente, car les capitaux reçus ne sont que des dépôts qui devront être restitués un jour, au moins en grande partie.

45. *Caisses de retraite.* — Il s'agit des caisses de retraite organisées par de grands industriels, des compagnies de chemin de fer, etc., en prélevant certaines sommes sur les salaires des employés. Une erreur assez répandue parmi les personnes qui sont chargées de la gestion des caisses de retraite consiste à croire que la situation de la caisse est bonne quand les recettes annuelles sont égales ou supérieures aux frais. L'auteur renvoie au paragraphe précédent, où il a montré combien cette erreur est grossière, et fait ensuite quelques observations très judicieuses sur les conditions dans lesquelles doivent être servies les retraites et aussi sur l'institution des retraites organisée par l'État en faveur de ses fonctionnaires.

Notons en passant qu'en Belgique les statuts des Caisses de

veuves et orphelins instituées par la loi du 21 juillet 1844 sont tels qu'il est impossible d'établir nettement leur situation financière; il n'y a pas de lien mathématique entre les primes versées par les affiliés et la pension promise, qui dépend de la moyenne des traitements des cinq dernières années de service; ceci rend impossible l'évaluation de la charge de l'organisme envers un affilié non pensionné.

46. *Sur les tontines.*

47 et 48. *Assurances contre les maladies. — Prime unique d'assurance.* — Théorie analogue à celle des assurances sur la vie et utile aux personnes qui veulent organiser des sociétés de secours mutuels.

La prime unique d'assurance se calcule au moyen d'une *table de morbidité* et aussi d'une table de mortalité et tout à fait de la même manière que la prime unique d'assurance " vie entière ".

En France, on a la table de morbidité d'Hubbard, que l'auteur insère au paragraphe 48. En pratique, il sera bon de faire usage de plusieurs tables de morbidité, relatives aux divers métiers dont on veut assurer les ouvriers.

49 et 50. *Le familistère de Guise. — La Compagnie X.* — Il est à regretter que les conditions techniques qui règlent les *Pensions de retraite* au familistère de Guise ne soient pas indiquées. L'auteur cite, en effet, cette Société comme type de société assurant le bien-être de ses employés; il décrit ensuite et critique l'organisation de la Caisse des retraites d'une grande compagnie industrielle française qu'il désigne par la lettre X.

51. *Quelques mots sur la jurisprudence en matière d'assurances.* — Ces notions sont empruntées à un article de M. Chavegrin qui a paru dans la *Grande Encyclopédie.*

52. *Sur les analogies qui existent entre la loi de la mortalité et la loi de l'amortissement.* — Le tableau d'amortissement des obligations d'un emprunt est considéré comme une table de mortalité où les obligations non amorties sont les têtes vivantes, et les autres les têtes décédées. La loi de mortalité, c'est-à-dire le nombre des obligations vivantes à une époque quelconque, est calculée en supposant l'emprunt remboursable par annuités constantes.

55. *Résumé des formules les plus usuelles.* — Ce résumé renferme les primes uniques de 16 opérations d'assurances et leur conversion en primes annuelles.

A remarquer une note qui indique un moyen de calculer l'âge d'un assuré à une date déterminée, connaissant la date de sa

naissance : ce moyen est très pratique lorsqu'on a souvent à répéter la même opération.

54 et 55. *Conseils aux personnes qui veulent s'assurer. — Liste des compagnies françaises.*

L'auteur termine par un répertoire bibliographique où il indique les principaux ouvrages écrits sur la théorie des assurances sur la vie. Il y a omis cependant le principal ouvrage classique : *Institute of Actuaries' Text Book. Part I. Interest, by W. Sutton. Part II. Life Contingencies, by G. King* (2 vol. in-8°. Londres, C. et E. Layton, 1882 et 1887).

L'index bibliographique est précédé de deux figures : la première représente la courbe de mortalité de la table R. F. (rentiers français) des compagnies françaises comparée avec celle de la table de Deparcieux et celle de la Caisse des retraites de France pour la vieillesse, dite table C. R. ; la seconde représente la courbe de mortalité de la table A. F. (assurés français) des compagnies françaises comparée avec celle de la table de Duvillard et la table anglaise H^M.

E. Fagnart,
professeur à l'Athénée royal de Gand.

VII.

Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1896. — Un vol. in-18 de v-746+A 26, B 35, C 6, D 11, E 17, F 7, G (table) 42, en tout 895 pp. — Paris, Gauthier-Villars.

Les additions apportées, cette année, à la partie technique de l'*Annuaire* sont assez importantes. Elles sont succinctement détaillées ci-dessous. Les notices sont au nombre de six ou sept.

I. Partie technique.

Aux descriptions des divers calendriers, julien, grégorien, perpétuel, républicain (solaires), copte, musulman (lunaire), israélite (luni-solaire), données dans les Annuaires précédents, on a ajouté celle du calendrier chinois, qui est aussi un calendrier luni-solaire comme le calendrier juif (comme aussi quelques autres en usage aux Indes), et implique les mêmes complications. Il est du reste relativement nouveau en Chine, ne remontant pas

au delà du milieu du XVIIe siècle, et réglé sur les mouvements vrais du soleil et de la lune rapportés au méridien de Pékin.

Le chapitre ou division intitulé : *Phénomènes astronomiques principaux, observables en l'année*, est forcément différent d'une année à l'autre, puisque ces phénomènes sont essentiellement variables : éclipses de soleil et de lune, occultations des planètes et des étoiles, phénomènes divers du système jovien, etc. — Nous avons, en 1896, deux éclipses de soleil, d'ailleurs invisibles à Paris : l'une annulaire, le 13 février, visible entre les longitudes 141° 22′ et 8° 45′ O. d'une part, et les latitudes 58° 4′ et 10° 18′ A d'autre part (1), de 2 h. 3^m, 2 à 7 h. 2^m, 7 du soir ; l'autre totale, le 9 août, visible entre 28° 56′ et 157° 1′ de longitude E., 47° 23′ et 3° 15′ de latitude B. (2), de 2 h. 52^m, 8 à 7 h. 44, 2 du matin.

Deux éclipses partielles de lune, partiellement visibles à Paris : la première, le 28 février, de 5 h. 25^m à 10 h. 25^m, 1 du soir ; la seconde, le 23 août, de 4 h. 17^m, 6 à 9 h. 56^m, 1 du matin, font aussi partie du contingent de 1896.

Le tableau des " Étoiles supposées variables „ s'est encore enrichi. De 33 étoiles seulement dans l'*Annuaire* de 1893, de 93 dans celui de 1894 et de 165 dans celui de 1895, il s'élève aujourd'hui au nombre de 190. On a ajouté, à la liste des " Époques maxima et minima pendant chaque mois de l'année des étoiles variables à courte période „, une étoile qui ne figurait pas sur les Annuaires précédents, l'étoile W de la constellation de Céphée.

Mentionnons aussi une note de M. Lœwy, sur la très difficile question de la position de l'*apex*, c'est-à-dire du point de la sphère céleste vers lequel s'avance le soleil avec le cortège de tous les objets sidéraux qu'il retient dans sa sphère d'attraction. Cette donnée est encore très incertaine, puisque, après l'avoir établie par 266°7 d'ascension droite et + 131°0 de déclinaison, on l'estime, sur les nouvelles observations de M. L. Boss, à 280° AR et + 40° D (3).

(1) Sud de l'Afrique, pôle austral et cap Horn.

(2) Est de l'Europe, Asie et pôle boréal.

(3) Une indication qui ne figure pas dans l'*Annuaire*, mais qu'il paraît intéressant de signaler ici, est la suivante. La trajectoire suivie par le soleil ferait partie, d'après M. Bompas (voir un des derniers numéros de l'OBSERVATORY), d'une orbite située au S.-O. du plan de la Voie lactée par rapport à la position de l'*apex* ; et cette trajectoire serait suivie par le soleil dans une direction rétrograde, de l'E. à l'O., suivant un plan incliné de 70° par rapport à la Galaxie. Les planètes exécuteraient ainsi leur révolution circumsolaire dans une direction inverse à celle que le soleil

Dans la division du volume qui concerne la spectroscopie solaire, M. Cornu a introduit une note assez brève mais fort importante, dans laquelle il fait connaître que M. Ramsay a pu identifier l'*hélium*, ce gaz constaté par l'analyse spectrale dans l'atmosphère solaire, mais inconnu, avec un gaz extrait d'un minéral terrestre d'ailleurs fort rare, la clévite, donnant la raie jaune ($\lambda = 587,60$) de l'hélium, gaz qui aurait une densité double de celle de l'hydrogène. Dans ce même gaz, M. Deslandres a observé plusieurs raies chromosphériques non identifiées jusqu'ici, notamment la raie violette (447,18) et la raie rouge (706,55) que l'on croit appartenir, non plus à l'hélium, mais bien au fameux *argon*, ce gaz récemment découvert dans notre atmosphère par lord Rayleigh et M. Ramsay.

Une intéressante addition a été apportée à l'article intitulé : " Tableau des grandes marées de l'année ". C'est une table des grandes marées, en 1896, à Brest et au Havre. Au nombre de 26, les grandes marées, dans ces deux ports, sont réparties entre seize jours dont un en février, le 29, six en mars, un en avril, trois en septembre, quatre en octobre, et le dernier le 5 novembre. En regard de chaque date et des coefficients de marée correspondants, sont données l'heure et la hauteur des dites marées dans chacun des deux ports.

Comme on le prévoyait l'an passé, en rendant compte de l'*Annuaire* de 1895, le nombre des petites planètes comprises entre les orbites de Mars et de Jupiter s'est encore accrû, ainsi qu'il a coutume de le faire chaque année. Nous avions laissé, en fin 1894, ce nombre à 402 ; nous le trouvons parvenu, le 19 octobre 1895, au chiffre de 416. Au bas de la première page de l'article qui le concerne, on lit cette note digne d'attention : " Dans le prochain *Annuaire*, on donnera quelques détails sur la recherche des planètes par la photographie (p. 267). " Or, dans l'*Annuaire* de l'an dernier, au bas de la première page de l'article sur le même sujet (p. 258), on lit une note identique. En lirons-nous une pareille dans l'*Annuaire* de 1897 ?

Celui de 1896 donne les éléments des comètes de 1894, de même que le précédent donnait ceux des comètes de 1893. On en a compté cinq, au nombre desquelles la célèbre comète d'Encke, et celle de Vico et E. Swift, observée pour la première fois en 1678, puis en 1844, et enfin en 1894.

suivrait sur sa propre orbite, situation tout à fait comparable, relativement à la Voie lactée, à celle du système d'Uranus relativement à l'écliptique.

A son article des années précédentes sur les spectres des étoiles, M. Cornu a ajouté un alinéa mentionnant des " Identifications de nouvelles raies stellaires „. Elles sont à rapprocher de celles dont il a été parlé plus haut et qui paraissent se rapporter à l'hélium et à l'argon. M. Lockyer, en observant le spectre de gaz très raréfiés extraits de minéraux rares contenant de l'uranium, y a reconnu une série de raies brillantes qu'il a pu identifier avec celles de la chromosphère du soleil, et avec les raies sombres d'origine inconnue signalées dans le spectre des étoiles blanches de la constellation d'Orion. Suit le tableau comparatif des raies des minéraux, de celles de la chromosphère, des raies photographiées à la faveur de l'éclipse de 1893, et enfin des raies des étoiles d'Orion.

M. Glasenapp, qui s'occupe avec un zèle si persévérant des recherches sur les étoiles doubles et du calcul de leurs orbites, a ajouté à son tableau une orbite de plus, celle de l'étoile Σ 3121, due à M. Gore, ce qui en porte le nombre à 86 ; il y a ajouté quelques déterminations nouvelles, dues à MM. Burnham, Gore et See, d'orbites déjà connues.

Paulo minora canamus, et des étoiles nous passons aux monnaies étrangères et à leur valeur en monnaie française. M. Sudre, auteur du tableau qui les concerne, y a ajouté celles de l'empire d'Éthiopie et du Guatémala qui ne figuraient pas dans les annuaires précédents.

Depuis 1892, l'*Annuaire* consacre régulièrement un article spécial à l'heure légale en France, réglée par la loi du 15 mars 1891. Cette année-ci, les directeurs de ce recueil y ont ajouté une annexe donnant les heures légales à l'étranger. Le système des fuseaux horaires a prévalu dans un certain nombre d'États ; et l'Italie donne aux autres pays l'excellent exemple de compter ses heures, non en deux séries de 0 à 12, mais en une seule de 0 à 24, allant de minuit à minuit.

Arrivons aux cartes magnétiques de M. Moureaux. Ce sont toujours les mêmes que précédemment. Il en est un peu de ces cartes comme des recherches des planètes par la photographie (voir ci-dessus) : c'est toujours pour l'année qui suivra. Ceci soit dit sans d'ailleurs diminuer en rien le mérite au-dessus de tous éloges du laborieux et patient observateur qui, depuis 1888, a recueilli des données aussi minutieuses et aussi multipliées. Il annonce du reste que le travail de revision auquel il s'est livré est actuellement terminé, et que, " lorsque les observations auront été ramenées à une même époque „, il donnera, dans

l'*Annuaire*, de nouvelles cartes établies d'après ses 644 observations. Espérons que ces nouvelles cartes, objet d'une impatience si légitime et d'ailleurs si honorable pour leur auteur, ne se feront plus trop attendre.

On sait que M. Moissan, l'illustre chimiste, a obtenu, par voie synthétique, un certain nombre de composés nouveaux (parmi lesquels le carbure de calcium, C^2Ca). M. Damour a déterminé les densités respectives de ces nouveaux corps et en a ajouté le tableau au tableau des " Densités de substances diverses ".

Enfin nous clôrons la liste des additions apportées à l'*Annuaire* de 1896 en mentionnant un nouveau chapitre sur les chaleurs spécifiques d'un grand nombre de corps, et sur les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau, dû à M. Cornu. Le tableau des premières comprend trente-et-un corps simples, métaux et métalloïdes tant solides que liquides ou gazeux, neuf gaz composés (gaz du carbone, de l'azote, du soufre, air, etc.), huit liquides, eau comprise, mais dans ses trois états, enfin douze corps composés solides.

II. Les Notices.

On a dit, au début de cet article, que les *Notices* sont au nombre de six ou sept : six d'après les lettres d'en-tête, sept si l'on compte pour deux notices les allocutions funéraires prononcées par deux orateurs différents.

La première Notice, A, par M. Cornu, a pour titre : *Les Forces à distances et les Ondulations*. C'est, en un très beau langage et sous le couvert de considérations scientifiques élevées, un plaidoyer contre le principe même des actions à distance. Le travail du savant académicien ayant été analysé avec détail et apprécié quelques pages plus haut, et les objections à ses conclusions ayant été formulées, nous n'avons pas à nous en occuper ici.

La Notice B, qui suit, due au même auteur, est extraite du *Livre du Centenaire de l'École polytechnique*. C'est une rapide esquisse biographique du fondateur de l'optique moderne, sous ce titre : *Les Travaux de Fresnel en optique*.

Existence bien remarquable, celle de ce savant, moissonné presque à la fleur de l'âge, à 39 ans, alors qu'on pouvait espérer de lui des travaux et des découvertes plus importants encore ! Assurément on pourrait dire de lui, au point de vue de son dévouement à la science : *Consummatus in brevi, explevit tem-*

pora multa. D'une santé délicate et frêle, la meilleure part de son temps remplie par ses travaux professionnels d'ingénieur des Ponts et Chaussées qu'il accomplissait avec conscience et amour du métier, souvent pourchassé par les tracasseries de la politique, Fresnel n'en a pas moins été en optique, comme le dit excellemment M. Cornu, un créateur et un initiateur de premier ordre. Né en 1788 et entré en 1804 à l'Ecole polytechniqne, il avait été, aux Cent-Jours, suspendu par Bonaparte de ses fonctions d'ingénieur. Réintégré dans son emploi par la Restauration, il eut l'heureuse fortune de trouver dans Arago un appui aussi bienveillant que dévoué et affectueux. Ses méditations sur la théorie de la lumière l'avaient mis en défiance contre l'hypothèse newtonienne de l'émission. Bientôt il jeta les bases de celle des ondulations, par laquelle s'expliquent, en même temps que les phénomènes de diffraction, de réflexion, de réfraction, des couleurs des lames minces (anneaux de Newton), le phénomène des franges d'interférence contraire à la théorie de l'émission et partant inexplicable par elle.

Une grande difficulté se rencontrait dans la polarisation de la lumière qu'expliquait si simplement la conception de Newton, mais qu'on ne se représentait plus aussi bien dans le système des ondulations. Young, après bien des recherches, avait renoncé à résoudre la difficulté. De concert avec Arago, Fresnel arrive, à force d'observations et d'expérimentations, à constater pratiquement que, polarisés dans des plans parallèles, les faisceaux lumineux interfèrent , tandis qu'ils n'interfèrent pas dans des plans perpendiculaires. Ce fut un grand pas vers la théorie des vibrations transversales, que se refusaient pourtant à admettre les savants les plus illustres, influencés qu'ils étaient par le nom de Newton. Cette hostilité des princes de la science fut un obstacle sérieux à l'adoption de la théorie nouvelle, obstacle que Fresnel, grâce aux clartés de son génie, parvint à surmonter. Il renversa l'objection tirée de l'aberration de la lumière, par une hypothèse sur le rôle de l'éther dans les milieux réfringents dont une célèbre expérience de M. Fizeau devait, un tiers de siècle plus tard, confirmer la réalité.

Sans pousser plus loin l'historique de la lente élaboration par Fresnel des bases fondamentales de la théorie optique qui a prévalu, ce qui serait refaire et beaucoup moins bien le travail de l'auteur, signalons, pour finir, la pénétration d'esprit, la puissance d'imagination, l'unité de plan et la rigoureuse logique qui ont guidé le jeune savant dans ses recherches, dans l'institution de

ces expériences, enfin, dans ses découvertes au service soit de l'accomplissement de ses devoirs professionnels, soit de la théorie à laquelle est à jamais attaché son nom.

Enlevé à la science, à la tendresse de sa mère, à l'affection de ses amis, le 17 juillet 1827, il est probable que, s'il lui eût été donné de parcourir le cycle ordinaire de la vie humaine, il eût lui-même réalisé les développements et perfectionnements de sa théorie, devenus l'apanage des savants qui, venus après lui, ont été formés à son école et à ses initiations.

C'est moins une Notice, au sens rigoureux du mot, la *Notice C sur la construction de nouvelles cartes magnétiques du globe, entreprises sous la direction du Bureau des longitudes,* qu'un programme, tracé par M. le capitaine de vaisseau de Bernardières, des études et observations confiées par la docte assemblée à sept commissions d'officiers de marine et d'ingénieurs hydrographes. Ces commissions, réparties sur les rives de l'Atlantique, du Pacifique, des mers des Indes, de Chine et du Japon dans diverses îles (Madère, Canaries, Açores, Cap-Vert, Islande), et qui seront bientôt complétées par une huitième, affectée au bassin de la Méditerranée, sont chargées de la construction des cartes magnétiques de ces diverses régions, en vue d'arriver, en complétant les travaux des observatoires disséminés un peu partout en Europe et en Amérique, à l'établissement d'une carte d'ensemble de la sphère terrestre, au point de vue des phénomènes de cet ordre dont elle est le théâtre.

Déjà la mission d'Islande, de retour d'une première exploration, a rapporté de nombreuses observations recueillies successivement à Cherbourg, en Écosse, aux îles Shetland, en Islande, en Norwège, en Danemark et dans la mer du Nord. Nul doute que l'*Annuaire* de l'an prochain ne soit en mesure de nous faire connaître d'autres résultats encore.

Sous cette rubrique : D. *Observatoire du Mont-Blanc,* le vénérable M. Janssen raconte sa " troisième ascension à l'observatoire du sommet du Mont-Blanc et les travaux exécutés pendant l'été de 1895 dans le massif de cette montagne ". Cette ascension, effectuée dans les derniers jours de septembre, avait principalement pour objet, d'une part l'installation d'une lunette parallactique de 33 centimètres d'ouverture dans le dit observatoire, ainsi que l'examen du météorographe enregistreur, dont la description a été donnée l'an dernier et qui s'était arrêté, et

d'autre part l'étude des atmosphères solaires à une station assez élevée pour constater la présence ou l'absence de vapeur d'eau dans ces atmosphères. Porté par les guides dans un traîneau de son invention, déjà employé lors des ascensions précédentes, l'illustre directeur de l'observatoire de Meudon put tout à l'aise se livrer à la contemplation du merveilleux spectacle qu'offraient à ses yeux les féeriques transformations, sous l'action du soleil, des nuages et des vapeurs au sein des montagnes qui l'environnaient, et en tirer de savantes conséquences au point de vue de la constitution de l'atmosphère terrestre et de la manière dont s'y comportent les vapeurs d'eau qu'elle contient.

Parti de Chamonix, le jeudi 26 septembre à 7 heures du matin, et arrivé au sommet de la montagne le samedi matin à 8 1/2 heures, après avoir passé la première nuit à la station des Grands-Mulets et la seconde à la cabane des Rochers-Rouges, M. l'astronome Janssen s'occupa immédiatement de l'examen des pièces de la lunette parallactique ainsi que de l'emplacement qui lui était réservé, et put s'assurer que toutes ces pièces pouvaient sans danger passer l'hiver dans l'établissement. Suit la description du dit instrument et de son mode de fonctionnement.

Il s'agissait ensuite de visiter le météorographe et de se rendre compte des causes de son arrêt. Celles-ci paraissent tenir à un certain manque de stabilité auquel il fut d'ailleurs facile de remédier sans démonter l'appareil. D'autres causes, notamment le froid, pourraient, dans l'avenir, causer de nombreux arrêts. Il faudra, vu l'extrême intérêt que présente pour la science cet instrument à longue marche, aviser à parer d'avance à ses dangers.

Vers midi du même jour, la température générale avoisinant zéro, mais le point de rosée étant abaissé jusqu'à — 18°, ce qui impliquait une atmosphère non seulement très rare, mais encore d'une sécheresse extrême, les conditions étaient particulièrement favorables pour élucider le point de physique céleste auquel il a été fait allusion plus haut. Muni d'un spectroscope Duboscq à deux prismes, l'illustre astronome observe un spectre solaire absolument dépouillé des raies d'origine aqueuse des groupes D et C; à peine y soupçonnait-on le groupe *a*, encore était-il si pâle qu'il était difficile de dire s'il était à sa place. " Il était évident, ajoute le judicieux observateur, qu'encore un pas de plus et toute manifestation spectrale aqueuse aurait disparu. „

Pratiquement, la question est donc résolue de l'absence de vapeur d'eau comme de l'absence d'oxygène dans l'atmosphère

solaire. De nouvelles observations comparées ne pourront sans doute que confirmer et rendre définitive cette importante solution.

E. — Enlevé prématurément, à l'âge de 55 ans, le 3 juin 1895, le contre-amiral Fleuriais, membre du Bureau des longitudes, méritait bien l'hommage posthume que lui rend son collègue, M. le capitaine de vaisseau de Bernardières, sous ce titre : *Notice sur la vie et les travaux du contre-amiral Fleuriais.*

Cette belle esquisse biographique se présente sous deux faces distinctes : les campagnes, la bravoure et le dévouement du soldat, — les travaux et les découvertes du savant.

De sa vie militaire, toute d'honneur, de distinction et parfois d'héroïsme, signalons en passant quelques traits, comme la prise d'un camp ennemi, pendant la guerre du Mexique, près de Palizada (Tabasco), à la tête d'une section de 60 matelots; la lutte du jeune officier, commandant une compagnie de fusiliers-marins, pendant la terrible année 1870, contre l'implacable ennemi, lutte interrompue par la maladie mais reprise par lui dès les premiers symptômes de la convalescence, et aboutissant, après la douloureuse retraite du Mans, à un refoulement des Prussiens qui avaient attaqué Pont-de-Gennes. De nouveau repris par la maladie, atteint de l'affreuse variole vers le milieu de janvier 1871, et dirigé sur l'hôpital de Brest, dès le 19 février, à l'expiration de l'armistice, il rejoint son bataillon à Châtellerault et contribue, la guerre étrangère terminée, à la répression de cette infâme Commune, qui naquit d'une sédition soulevée en face de l'ennemi victorieux.

Doué d'un esprit inventif et chercheur et plus particulièrement tourné vers les sciences mécaniques, Fleuriais inventa, à diverses étapes de sa carrière, plusieurs instruments dont quelques-uns sont restés d'un usage courant ou même réglementaire dans la Marine. Citons un hodomètre ou compteur donnant automatiquement tel point estimé ; une machine à résoudre les triangles sphériques ; un sextant à double réfraction obtenue par l'utilisation du pouvoir bi-réfringent du spath d'Islande, instrument qui a, paraît-il, réalisé un grand progrès dans la navigation de nuit ; un loch à moulinet disposé de manière à tourner dans le sillage des navires (1) ; un instrument, auquel il donna le nom de

(1) En récompense de ces deux inventions, l'Académie des sciences avait décerné, en 1881, le prix Plumey au commandant Fleuriais.

gyroscope collimateur, ayant pour effet " de faire apparaître, dans le champ de la lunette du sextant, une ligne de repère capable de servir de base aux observations d'astres lorsque l'horizon de la mer est invisible ou mal défini " ; enfin, un télémètre à réflexion pour l'appréciation des distances de tir à la mer.

Rien d'étonnant à ce qu'un esprit de cette trempe, un savant de cette valeur, ait été souvent chargé de missions scientifiques importantes.

Revenu du Mexique à 25 ans, avec le grade de lieutenant de vaisseau et la croix de la Légion d'honneur (croix bien méritée, celle-là), il fut compris dans la mission chargée, en 1867, par le Bureau des longitudes de la détermination de méridiens fondamentaux. Il en revint au bout de trois ans, ayant fixé, tout autour du monde, la position d'une dizaine de lieux répartis entre l'Amérique du Sud, l'océan Pacifique (îles Sandwich), l'Extrême-Orient et l'Inde. La rosette d'officier fut la récompense de ce haut fait scientifique, récompense largement ratifiée par l'héroïsme déployé quelques mois plus tard, à Pont-de-Gennes, par le brillant capitaine.

En 1874, l'Académie des sciences chargea Fleuriais de la direction de la mission chargée d'observer, à Pékin, en décembre, le passage de Vénus sur le soleil. La manière heureuse dont il s'acquitta de cette tâche délicate lui valut en 1875, de la part de l'Académie, le prix Lalande, et de la part du ministère de la Marine, le grade de capitaine de frégate. Il avait alors 35 ans.

Après avoir contribué à l'observation du passage de Mercure sur le soleil, à Payta, sur les côtes du Pérou, le 5 juin 1878, et à peine de retour en France, il reprit, comme commandant de l'aviso *Le Chasseur*, la route du Pacifique où il se livra à des travaux hydrographiques et détermina la position du petit archipel des quatre-vingts îles Touamotou ou Pomatou (îles Basses) dans la Polynésie française (1). Puis, le 6 décembre 1882, à Santa-Cruz de Patagonie, il observait, avec le même succès que la première fois à Pékin, le second passage de Vénus sur le soleil, y utilisant de la manière la plus heureuse l'emploi de ses prismes biréfringents. Après quoi il remontait à Buenos-Ayres pour mesurer, sous les auspices du Bureau des longitudes, la différence

(1) Entre 135° et 150° de longitude ouest du méridien de Paris, de l'est à l'ouest, 14e parallèle austral (environ) et le tropique du Capricorne du nord au sud.

télégraphique des méridiens de Buenos-Ayres et de Valparaiso, ce qui lui valut une seconde fois le prix Lalande.

A 43 ans, Fleuriais était nommé capitaine de vaisseau, et à 50 ans, en 1890, commandeur de la Légion d'honneur. Deux ans après, le 20 février 1892, il parvenait au grade de contre-amiral, et lorsque la mort de l'amiral Mouchez laissa une vacance au Bureau des longitudes, Fleuriais fut élu pour le remplacer.

Nommé, en avril 1895, commandant en chef de la division navale de l'Atlantique, il fut enlevé, par une maladie foudroyante, le 3 juin suivant, à l'affection de sa jeune famille et de ses amis, au milieu de ses préparatifs de départ.

Nous n'avons pu, dans cette rapide analyse, retracer que quelques traits seulement de la carrière du brillant marin et du savant éminent. Nous nous reprocherions de la terminer sans retracer l'appréciation de son caractère donnée par son biographe et qui en complète dignement l'éloge. Chez l'amiral Fleuriais les qualités du cœur égalaient, si elles ne la dépassaient, la haute portée de l'esprit. Aussi modeste que distingué par la science et l'habileté professionnelle, il se faisait surtout remarquer par une bonté extrême : c'était donc, dans la plus excellente acception du terme, un *homme* et un homme complet.

Les deux discours qui composent la notice F ont été prononcés aux *Funérailles de M. Émile Brunner*, le 24 novembre 1895, le premier par M. Janssen, président du Bureau des longitudes, et le second par M. l'astronome Tisserand.

M. Émile Brunner faisait partie du Bureau comme artiste constructeur d'instruments de haute précision pour les observations astronomiques. M. Janssen s'est attaché à retracer les services considérables rendus à la science, tant en France qu'à l'étranger, par ce constructeur hors ligne, et à signaler en même temps les mérites de l'homme privé et la sûreté de ses relations. M. Tisserand a parlé surtout comme ami personnel du défunt, énumérant les instruments remarquables qu'on lui doit : cercles méridiens portatifs pour la détermination des longitudes ; équatoriaux, cercles azimutaux, appareils pour la mesure des bases dans les triangulations, instruments magnétiques employés pour l'établissement de la carte magnétique du globe. (Une erreur typographique a fait dire à l'auteur de l'allocution : “ la carte *magnifique* du globe „.)

En terminant son discours, M. Tisserand a exprimé cette

pensée consolante : “ Mon cher Brunner, je vous dis du fond du cœur : adieu, ou plutôt *au revoir !* „ Là est le véritable et plus complet hommage rendu à une mémoire justement honorée.

JEAN D'ESTIENNE.

VIII.

ANNUAIRE DE L'OBSERVATOIRE MUNICIPAL DE MONTSOURIS, pour l'année 1896. (Analyse des travaux de 1894.) — *Météorologie.* — *Chimie.* — *Micrographie.* — *Applications à l'hygiène.* — Un vol. in-18 de IX-(28+503) pp. [La p. 23 est répétée 28 fois.] — Paris, Gauthier-Villars.

Pourquoi donc, alors que, dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes,* les titres et rubriques des différentes matières sont si judicieusement répartis dans le corps du volume et si exactement reproduits dans les tables, pourquoi n'en est-il pas de même dans l'*Annuaire de l'observatoire municipal de Montsouris* publié cependant par les mêmes éditeurs ?

Cette défectuosité d'ordre typographique, déjà signalée l'an dernier, semble s'être développée encore dans l'*Annuaire* de 1896. En veut-on des exemples ? On n'aura que l'embarras du choix. La table des matières indique, sur sa première page, en vedette et en lettres capitales, des “ *Tableaux mensuels comparatifs de la pluie, de la température, et de la pression barométrique,* pp. 25 et suivantes „. Or, aux pages indiquées, on trouve bien les tableaux, mais aucun titre indicatif (1). De même aux pages 84, 96, 100, 102, 103 ; on y rencontre, sans doute, les tableaux qu'indique la table, mais point sous la rubrique adoptée par elle. A la page 126, c'est tout un article de longue haleine sur les *Phénomènes accidentels et caractères généraux de chacun des mois de l'année météorologie* 1894, *à Montsouris,* qui commence immédiatement au-dessous du chiffre de pagination et dont il faut aller chercher le titre à la table des matières pour

(1) Il est vrai que la première page des dits tableaux est précédée de deux pages de texte sous la rubrique : *Observations anciennes.* Ces observations s'étendent de 1805 à 1894. — Mais la clarté de l'ensemble et la facilité des recherches n'eussent-elles pas gagné à ce que, figurant à la table des matières, l'intitulé des tableaux figurât aussi en tête de ceux-ci ?

savoir de quoi il s'agit. Plus loin, dans le même article, on trouve successivement quatre tableaux ou diagrammes, — partie graphiques, partie à renseignements écrits, — qui sont relatifs à la salubrité climatérique en chacune des quatre saisons : non seulement les titres de ces tableaux, inscrits à la table des matières, ne figurent pas en haut des pages qui les contiennent, mais de plus les en-tête des colonnes, de même que les données écrites, lorsqu'il s'en trouve dans l'intérieur de celles-ci, sont imprimés A L'ENVERS ! En sorte qu'il faut retourner le livre et le tenir sens dessus dessous pour pouvoir les lire. Si une aussi bizarre disposition typographique n'est pas intentionnelle, comment l'a-t-on laisser passer ? Si, au contraire, elle est voulue, ne fallait-il pas tout au moins expliquer la raison d'être (si elle existe) d'une pareille anomalie ?

Ces remarques, d'ordre purement matériel, concernent deux des quatre parties dans lesquelles on peut grouper les matières de l'*Annuaire*. Elles ont même raison d'être dans les deux autres, comme nous aurions occasion de le remarquer en les analysant si nous ne craignions de tomber dans des redites.

Exposons maintenant le plan de l'ouvrage et indiquons les sujets qui y sont abordés.

I. — Nous venons de dire qu'il comprend quatre parties. En réalité, cependant, les travaux du personnel de l'Observatoire sont distribués en trois sections seulement : I° Le Service de Physique et de Météorologie dirigé, jusqu'au 1er juillet 1895, par M. Léon Descroix (1). II° Le Service chimique, sous la direction de M. Albert-Lévy ; et enfin III°, Le Service micrographique, œuvre spéciale de M. le Dr Miquel, qui en est, dans l'Annuaire pour 1896, à son *Dix-septième mémoire sur les poussières organisées de l'air et des eaux*. Mais la MÉTÉOROLOGIE, sous une rubrique figurant en belle page de suite après l'Introduction (et absente à la table), comprend deux séries de travaux distincts. Il y a d'abord, comme dans les Annuaires précédents, les données usuelles du calendrier, les tables de correction des levers et couchers du soleil par rapport à Paris, et des azimuts de ces deux points de l'horizon suivant l'époque de l'année; puis, ce qui n'avait pas encore été donné, les heures et hauteurs des pleines

(1) Admis à faire valoir des droits à la retraite, à la date sus-indiquée, M. Léon Delcroix a été remplacé, le 1er août suivant, par M. Joseph Jaubert.

et basses mers, au Tréport-Mers et à Dieppe, depuis le 1er janvier 1896 jusqu'au 31 décembre, occupant les pages 23 et 23_1 jusqu'à la page 23_{26} inclusivement. Viennent enfin les *Observations anciennes* donnant, sous la forme des *Tableaux comparatifs* dont il a été parlé plus haut, les moyennes mensuelles, année par année à partir de 1805, de la pluie, de la température et de la pression atmosphérique.

II. — Toutes ces indications précèdent le premier des trois grands mémoires correspondant aux trois principaux services de l'Observatoire, mémoire qui a pour titre : *Climatologie parisienne.* On peut, par l'analyse, distinguer trois parties dans ce travail. La première, que la table des matières (non le texte) représente comme contenant les *Valeurs normales des éléments climatériques à Paris,* ajoute aux données de l'Annuaire précédent sur l'évaporation, la vitesse des vents polaires et équatoriaux, les températures extrêmes, l'humidité, les données qui concernent la pression, la température moyenne, la vitesse générale du vent, le total de la fréquence de la pluie, la radiation et la nébulosité. Suivent de nombreux tableaux des oscillations barométriques, thermométriques, des moyennes météorologiques, des variations de la vitesse du vent, de l'humidité, de la force élastique de la vapeur d'eau, des hauteurs d'eaux ; ces tableaux sont complétés par deux autres, donnant, le premier, les résumés mensuels par moyennes et totaux des observations météorologiques de l'année 1894, le suivant, les valeurs extrêmes mensuelles de la pression, de la température, et de la tension de la vapeur d'eau.

La seconde partie du mémoire est occupée par les *Tableaux des moyennes annuelles et mensuelles* des mêmes données depuis 1883, auxquelles il faut ajouter les nombres mensuels des jours de gelée, des jours de pluie et les observations actinométriques.

La troisième partie, intitulée (à la table, non dans le texte) : *Phénomènes accidentels et caractères généraux,* etc. (voir plus haut), contient, pour chacune des quatre saisons, un résumé descriptif, mois par mois, des phénomènes et particularités qui l'ont signalée, le tout synthétisé, au point de vue de la salubrité du climat, par ces fameux tableaux-diagrammes dont nous avons parlé en commençant et qui sont disposés de si heureuse façon qu'on est obligé, pour les pouvoir lire, de tenir le livre à l'envers (1) !

(1) Une erreur typographique s'est également glissée, à leur sujet, dans la table des matières, p. 495, où le diagramme pour l'*été* y est indiqué

III. — Chimie. C'est le titre plus général (non reproduit à la table) sous lequel est distingué du mémoire précédent le mémoire annuel de M. Albert-Lévy sur l'*Analyse chimique de l'air et des eaux. — Analyse des eaux : Méthodes, Résultats ; — Analyse de l'air : Méthodes, Résultats;* telles sont les quatre divisions de très inégale importance entre lesquelles se partage ce mémoire. La plus considérable, et de beaucoup, est celle qui donne les *Résultats* de l'analyse des eaux. Les analyses et recherches portent, en effet, sur des eaux de provenances bien différentes : eaux de rosée, eaux de brouillards, de neige, de pluie, eaux de sources (Vanne, Dhuis, Avre), eaux de rivières (Ourck, Marne, Seine en un grand nombre de stations), eaux d'égout, eaux de drainage, eau de la nappe parisienne souterraine, eaux filtrées et purifiées par divers procédés étudiés à l'Observatoire. Le dosage de l'azote contenu dans les eaux météoriques et la très inégale répartition de celles-ci; les variations de composition des eaux servant à l'alimentation des Parisiens; les teneurs en chaux, en oxygène dissous, en azote nitrique, en matières organiques des eaux de rivières servant aux services publics de la grande capitale ; celles, en ces mêmes matières et, de plus, en chlore, en acide sulfurique, en azote ammoniacal et organique, en résidus sec et volatil, des eaux d'égout et de drainage ainsi que des eaux de la nappe parisienne souterraine, offrent un intérêt suffisant et des documents en assez grand nombre pour remplir jusqu'à 130 pages du volume.

L'analyse de l'air a porté principalement sur les teneurs en ozone, en azote ammoniacal et en acide carbonique d'échantillons prélevés dans l'atmosphère du parc de Montsouris, du centre de Paris et dans les égouts ; elle a permis des comparaisons intéressantes sur la composition de l'air de ces différentes provenances.

IV. — Micrographie. On a donné, au § 1 de ce compte rendu, le titre particulier du " Dix-septième mémoire „ compris sous ce titre d'ensemble, toujours non reproduit à la table ; car si la plupart des titres indiqués dans le cours de celle-ci ne figurent point dans le corps de l'ouvrage, en revanche celui-ci en contient quelques autres que la table ne reproduit pas. C'est sans doute pour faire compensation.

Quoi qu'il en soit, le mémoire du savant Dr Miquel se répartit,

printemps. Cette erreur n'est du reste pas reproduite dans le corps du volume, par l'excellente raison que le titre indiqué à la table n'y figure point.

comme ceux des années précédentes, en trois subdivisions dont deux sont constantes et ont pour objet, la première l'*Analyse microscopique de l'air* à Montsouris, à Paris et dans les égouts, la seconde, l'*Analyse micrographique des eaux,* et dont la troisième varie chaque année. Dans l'Annuaire pour 1896, elle traite *De la résistance des spores des bactéries aux températures humides, égales et supérieures à* 100°.

Pour ne pas trop allonger cette analyse, nous laisserons de côté les deux premières subdivisions dont le sujet a été suffisamment indiqué par les comptes rendus des années précédentes, et nous dirons quelques mots de la troisième.

Elle comprend les résultats d'expériences multipliées, effectuées au laboratoire de Montsouris pendant les années 1894 et 1895. — Naguère on admettait, un peu à la légère, qu'aucun organisme vivant ne pouvait résister à une température égale ou légèrement supérieure à 100°. Les partisans des générations spontanées faisaient même grand état de ce prétendu fait pour soutenir leur doctrine. Pasteur prouva qu'au contraire les germes d'un grand nombre de microbes peuvent vivre à une température de 100°, pourvu qu'elle soit humide; que certains liquides comme le lait peuvent être portés à l'ébullition sous la pression ordinaire sans être, pour autant, stérilisés. Il était donc intéressant de se livrer à des expérimentations variées sur la résistance ou la non-résistance des germes à diverses températures au-dessus de 100°. Il est donné la description de 66 expériences successives par lesquelles on a étudié la résistance des germes à des chaleurs variant de 100° à 111° (je néglige les fractions) pendant une heure, pendant une demi-heure, pendant un quart d'heure, et aussi à l'action d'un chauffage discontinu. Ce dernier ne paraît pas avoir donné de résultats pratiques satisfaisants. Pendant les expériences d'une heure, c'est à partir de 104°,7 seulement que la stérilisation était obtenue, à partir de 107°,9 dans les expériences d'une demi-heure, et à partir de 109°,1 seulement dans les expériences d'un quart d'heure.

En résumé, l'on ne doit pas compter, généralement, sur la température de 100° pour stériliser les milieux nutritifs contenant des germes qui proviennent de l'air, du sol ou des eaux, à moins que cette température n'ait été prolongée pendant cinq heures.

JEAN D'ESTIENNE.

IX.

Sur l'origine du monde, *Théories cosmogoniques des anciens et des modernes,* par H. Faye, de l'Institut. Troisième édition. — Un vol. in-8° de XI-313 pages. — 1896. Paris, Gauthier-Villars.

La première édition de ce livre, parue en 1884, avait été l'occasion, ici-même, en janvier 1885, d'une étude spéciale, sous ce titre : *La Nouvelle théorie cosmogonique de M. Faye.* Cette nouvelle cosmogonie était en effet la partie la plus essentielle de l'ouvrage, celle qui en faisait la raison d'être et l'originalité. Une année s'était à peine écoulée, que l'éminent auteur donnait une seconde édition, considérablement remaniée et accrue, de son œuvre, y développant avec plus d'ampleur, mais sans le modifier, son système cosmogonique. Une analyse détaillée de cette seconde édition a été donnée dans la partie bibliographique du présent recueil, livraison de janvier 1886.

La troisième, qui vient de voir le jour, onze ans après la seconde, sans en être une simple réimpression, n'y a apporté, cependant, que des modifications de peu d'importance. Nous en parlerons donc brièvement.

Il importe de faire remarquer, toutefois, que la nouvelle théorie imaginée par M. Faye pour échapper aux objections et difficultés de détail que rencontre la théorie de Laplace, n'a pas été unanimement acceptée par le monde savant. Dès l'année 1886, un collègue distingué de M. Faye à l'Observatoire et à l'Institut, M. C. Wolf, publiait, sous ce titre : *Les Hypothèses cosmogoniques, examen des théories scientifiques modernes sur l'origine du monde* (1), un volume très substantiel dans lequel il prenait la défense du système de Laplace et opposait des considérations non sans valeur aux vues d'ailleurs ingénieuses et parfois séduisantes de son contradicteur. Celui-ci n'y a rien répondu ; le temps ne lui a pourtant pas manqué pour cela depuis dix ans, et l'on aurait pu penser qu'il se serait réservé sa troisième édition, celle où son livre devait revêtir, dédié à la mémoire de François Arago, “ sa forme dernière et définitive „, pour discuter tout au moins les contre-propositions de son collègue. Il n'en a rien été. Le vénérable président du Bureau des longitudes se borne à constater, dans une note placée à la fin du

(1) Paris, Gauthier-Villars.

chapitre concernant Laplace, que l'hypothèse de l'illustre auteur de la *Mécanique céleste* a été défendue par son collègue à l'Institut, M. C. Wolf, avec un talent auquel il se plaît à rendre hommage. Puis il ajoute aussitôt, sans tenter même un commencement de discussion : " Néanmoins je crois devoir maintenir intégralement ma critique. „

Cette affirmation tient assurément, de la haute autorité de son auteur, une valeur considérable ; néanmoins, comme celle de l'opposant est également importante, on eût aimé à connaître les motifs pour lesquels le savant astronome du Bureau des longitudes croit devoir n'en pas tenir compte.

Comme dans les précédentes éditions, l'ouvrage commence par un magnifique hommage à l' " Idée de Dieu dans la science „, suivi d'un commentaire de la cosmogonie mosaïque, dont l'excellent esprit, les non moins excellentes intentions qu'il dénote, ne suffisent pas à empêcher de remarquer que l'éminent astronome est moins versé dans l'exégèse biblique que dans les sciences physiques et mathématiques.

Un historique assez développé des idées des anciens et des modernes sur la cosmogonie le conduit naturellement jusqu'à Laplace dont il expose le système, tout en le combattant et en signalant les côtés qui, à ses yeux, ne sauraient être admis. Cet exposé, de même que le chapitre précédent qui concerne Kant, a été presque entièrement remanié. Plusieurs passages de ces deux chapitres ont été supprimés, d'autres ajoutés, et l'ensemble refondu ; mais la pensée générale n'en est pas modifiée.

La quatrième partie, contenant l'heureuse et originale " Classification des mondes „, a été enrichie d'un important paragraphe sur les " Mouvements propres des étoiles „, qui ne figurait pas dans la précédente édition ; notre soleil, considéré dans l'ensemble de l'univers, n'est plus qu'une étoile comme les autres et n'échappe pas à leurs lois : il se dirige, comme on le sait, entraînant avec lui tout son système, vers la constellation d'Hercule avec une vitesse qui ne serait pas inférieure à 8 kilomètres par seconde, soit 15 fois, environ, celle d'un boulet de canon.

Enfin mentionnons, avant de finir, une erreur de calcul qui, signalée déjà dans la première édition, reproduite dans la seconde, n'a pas été corrigée davantage dans la troisième. Supposant, p. 227, la masse du soleil disséminée d'une manière uniforme dans une sphère d'un rayon décuple de celui de la distance de la planète Neptune à l'astre central, il en conclut que la densité

de cette masse, aujourd'hui de 1,4 comparativement à celle de l'eau, deviendrait autant de fois plus faible qu'il y a d'unités dans le cube de 64 500; et il exprime ce cube par le chiffre de *428 trillions,* au lieu de 268 trillions, l'expression $64\,500^3$ étant rigoureusement égale à 268 336 125 000 000.

Cette erreur de détail est, ici, sans importance. Mais dès là qu'elle était signalée, il eût été si aisé de la faire disparaître.

L'ouvrage se termine, comme dans la seconde édition, par des *concordances* entre la cosmogonie de l'auteur et les données géologiques aujourd'hui admises, enfin par l'indication des conditions indispensables pour qu'une planète quelconque puisse entretenir la vie à sa surface ; c'est là un argument péremptoire à opposer aux rêveurs qui veulent placer à toute force des habitants dans tous les astres sans exception, ceux-ci en nombre soi-disant infini.

JEAN D'ESTIENNE.

X.

ANALYSE DES ALCOOLS ET DES EAUX-DE-VIE, par H. ROCQUES. *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.)* — Petit in-8° de 198 pages; — Paris, Gauthiers-Villars et Masson.

La question de l'analyse des alcools et des eaux-de-vie offre un grand intérêt d'actualité. L'opinion publique est, en effet, vivement préoccupée des ravages produits par l'alcoolisme; et si ceux-ci sont dus principalement à la grande quantité d'eau-de-vie et de liqueurs alcoliques consommées, il sont aggravés par la mauvaise qualité de ces boissons.

M. Rocques, ancien chimiste principal au laboratoire municipal de Paris, a traité la question avec une entière compétence. Voici un aperçu du développement qu'il a donné à son sujet.

Les eaux-de-vie ou alcools naturels sont, comme on sait, obtenus par une simple distillation de jus fermentés de raisins (eaux-de-vie de Cognac, de fine Champagne, d'Armagnac, de Marmande, trois-six de Montpellier, eau-de-vie de marc de Bourgogne, etc.), de pommes et de poires (Calvados, eau-de-vie de cidre et de poiré), de cerises (kirsch), de prunes (quetsch), de canne à sucre (rhum, tafia) ou de moût fermenté d'orge et

d'autres céréales (whisky, gin, genièvre). Dans les eaux-de-vie, l'alcool reste chargé d'impuretés qui en constituent le bouquet et dont la présence doit, par conséquent, être tolérée dans une certaine mesure. Ces produits se consomment en nature et sous leur véritable nom.

Les alcools d'industrie proviennent soit de substances sucrées (alcools de betterave et de mélasse), soit de substances amylacées (alcools de grains, — maïs, orge, seigle, etc., — alcools de pomme de terre et de topinambour). Les produits de la première distillation, appelés flegmes, subissent une rectification qui en élimine les impuretés et le goût d'origine. Les produits de cette rectification sont : l'alcool mauvais goût (environ 8 p. c.), utilisé dans l'industrie; l'alcool moyen goût (30 p. c.), réservé également pour les usages industriels et parfois employé, bien à tort, à la fabrication des liqueurs telles que les absinthes; l'alcool bon goût ou neutre (62 p. c.), servant à la fabrication des liqueurs, à celle des eaux-de-vie factices, aux coupages, etc.

L'alcool éthylique et l'eau sont les éléments constituants principaux de toutes les eaux-de-vie; mais, en dehors de ces deux éléments fondamentaux, ces boissons doivent donc leur qualité, leur parfum, à d'autres corps organiques : alcools supérieurs, acides, éthers, aldéhydes, bases, huiles essentielles, pouvant préexister dans les matières premières ou se produire ultérieurement, pendant la fermentation, la distillation ou le vieillissement.

Le raisin et notamment les pépins donnent aux eaux-de-vie de vin une huile essentielle. La betterave communique aux flegmes un principe odorant très persistant et caractéristique. Les fruits à noyaux, par l'amygdaline qu'ils contiennent, donnent lieu à la présence d'acide cyanhydrique dans les kirschs et les produits analogues.

Durant la fermentation, il se forme à côté de l'alcool éthylique (et de l'acide carbonique, de la glycérine et de l'acide succinique). des quantités minimes d'alcools monoatomiques supérieurs (propylique, butylique, amylique, etc.), de glycol, etc.; ces quantités varient suivant la nature de la levure, la composition du moût et la température de fermentation.

C'est surtout pendant la distillation que prend naissance le furfurol.

Le vieillissement détermine notamment la production d'éthers aux dépens des acides, et la concentration des éléments organiques autres que l'alcool éthylique.

La composition ordinaire des eaux-de-vie varie entre les limites ci-après :

		MINIMA	MOYENNES	MAXIMA
Eau	en volume p. c.	30	59	75
Alcool éthylique	„ „	25	40	70
Matières extractives,	en gr. p. 100 c. c.	Traces	0,500	1,500
Alcool amylique et autres supérieurs	„ „	Id.	0,080	0,300
Ethers	„ „	Id.	0,050	0,150
Acides libres	„ „	Id.	0,050	0,150
Aldéhydes (y compris le furfurol)	„	Id.	0,010	0,050
Bases azotées	„ „	Id.	0,001	0,002

L'auteur traite d'abord de la recherche qualitative des impuretés des alcools et eaux-de-vie.

Les aldéhydes sont caractérisées le mieux par le bisulfite de rosaniline, avec lequel elles donnent une coloration violette, ou par le chlorhydrate de métaphénylène-diamine, avec lequel elles donnent une coloration jaune.

Le furfurol est décelé par l'acétate d'aniline, qui produit une coloration rouge.

La recherche des alcools supérieurs s'effectue par le procédé Savalle, c'est-à-dire en observant l'intensité de coloration jaune brun obtenue sous l'action de l'acide sulfurique concentré. On opère de préférence après fixation de l'aldéhyde au moyen du chlorhydrate de métaphénylène-diamine (Girard et Rocques) ou par le phosphate acide d'aniline (Mohler).

L'analyse quantitative des alcools et eaux-de-vie comprend les opérations suivantes :

Dosage de l'alcool éthylique, au moyen de l'alcoomètre de Gay-Lussac, directement ou après distillation ;

Dosage des matières extractives : si leur proportion est élevée, dosage du sucre et recherche de la glycérine, du caramel, etc. ;

Dosage des matières volatiles autres que l'alcool éthylique : *a)* évaluation de l'ensemble de ces substances par les procédés de Röse (extraction par le chloroforme), de Traube (capillaromètre et stalagmomètre), de Gossart (homéotrope), de Savalle (coloration par l'acide sulfurique), de Barbet (réduction du permanganate potassique) ; *b)* Dosage spécial des diverses impuretés groupées par fonctions : dosage des aldéhydes et du furfurol par des procédés colorimétriques basés sur les réactions précédemment mentionnées à propos des recherches qualitatives ;

dosage des éthers par saponification à l'aide d'un alcali titré ou à l'aide de la baryte ; dosage des acides par titrage alcalimétrique ; dosage global des bases par la méthode Kjeldahl, ou dosage successif de l'azote ammoniacal et de l'azote albuminoïde; dosage des alcools supérieurs par l'essai de Savalle modifié (déjà renseigné parmi les procédés d'analyse qualitative), par l'essai de Röse modifié par Stutzer et Reitmayr, par l'essai de Marquardt (extraction au moyen de chloroforme, oxydation, transformation en sels barytiques et dosage de la baryte), par le procédé de Bardy (basé sur l'emploi de l'eau salée et du sulfure de carbone).

Dans les kirschs et les autres eaux-de-vie de fruits à noyaux, il faut également doser l'acide cyanhydrique et l'aldéhyde benzoïque. Le kirsch normal contient de 0,001 à 0,010 ou 0,015 gr. d'acide cyanhydrique par 100 c. c. Théoriquement, la proportion d'aldéhyde benzoïque doit être la même.

J.-B. A.

XI.

Le Pain : *Technologie, pains divers, altérations ;* par V. Galippe et G. Barré. *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.)* — Petit in-8° de 216 pages. — Paris, Masson et Gauthier-Villars.

Nous avons, en juillet dernier, rendu compte dans cette *Revue* d'un ouvrage de MM. Galippe et Barré traitant du pain au point de vue physiologique. Ils nous présentent aujourd'hui cette denrée au point de vue technologique.

Après avoir rappelé ce qu'était la panification chez les anciens, ils décrivent sommairement les diverses opérations de la fabrication du pain : délayage et malaxage du levain ou de la levure dans la quantité d'eau nécessaire à la préparation de toute la pâte (50 à 60 c. c. pour 100 gr. de farine), addition de sel (3 gr. environ pour un kilogr. de farine), incorporation de la farine (frasage), réunion de la pâte en une seule masse dans le pétrin (contre-frasage), pétrissage ou brassage de la pâte, découpage et pâtonnage, fleurage, achèvement de la fermentation (levage) et enfin cuisson.

Le phénomène le plus important de la panification est la fermentation panaire. Pour les uns, c'est une fermentation alcoolique résultant de l'action du levain ou de la levure sur l'amidon, la dextrine ou le sucre existant dans la farine ; pour les autres, la partie fermentescible est le gluten, qui est d'abord

rendu soluble puis peptonisé sous l'action d'une zymase sécrétée par lui, et enfin assimilé par un microbe fournissant de nombreux produits d'excrétion; le germe de ce microbe existerait normalement dans le grain de blé, et son évolution serait accélérée par la matière albuminoïde soluble que renferme la levure.

La cuisson, en portant la pâte à une température de 100 à 200 degrés, volatilise une certaine quantité d'eau, augmente la porosité du pain par la dilatation des bulles d'acide carbonique qui y sont emprisonnées, transforme l'amidon en amidon soluble et en dextrine, laquelle forme avec le gluten desséché une croûte assez dure. Le pain ordinaire perd, pendant la cuisson, 15 p. c. environ de son poids.

La mie du pain frais a une tendance à se souder à elle-même pendant la mastication et à perdre ainsi sa texture poreuse ; aussi est-elle moins digestible que celle du pain rassis, devenue plus ferme à la faveur d'une modification survenue dans le gluten. On sait qu'il suffit de repasser au four le pain rassis pour lui rendre une partie de sa fraîcheur.

Le pain de luxe ou de fantaisie est souvent additionné de lait, de beurre, d'œufs, etc.

Les petits pains à café sont rendus très spongieux en prolongeant pendant plus longtemps le travail de la pâte, de façon à lui faire absorber une plus grande quantité d'eau.

Les pains de gruau, faits avec de la farine très blanche, contiennent moins de phosphates, de matières grasses et de substances azotées que les pains préparés avec les farines ordinaires.

Pour la fabrication des pains de dextrine, la farine est additionnée de 2 à 4 p. c. de glucose ou de dextrine sucrée.

Dans les pains viennois, l'eau est remplacée en partie par du lait.

La pâte destinée à la fabrication des croissants est additionnée d'œufs.

Les auteurs rappellent ensuite la place importante qu'occupe le pain dans la ration alimentaire de l'homme. Puis ils s'occupent du pain de seigle, d'avoine, de maïs, de soja, de gluten, etc. ; des pains à la viande, au sang, au lait ; du pain bis grillé et du pain de farines torréfiées.

Un dernier chapitre est consacré aux altérations et falsifications du pain.

J.-B. A.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE.

La cause géologique des anomalies de la pesanteur. — M. J. Collet (1) a fait observer que, s'il est établi que partout, au voisinage des hautes chaînes de montagnes, il se produise un déficit de pesanteur, on peut en tirer un diagnostic pour déterminer la place des chaînes anciennes, aujourd'hui rabotées par une longue érosion. D'après cela, le déficit de pesanteur constaté sur le parallèle de Bordeaux, ainsi que dans les plaines de la Russie méridionale, pourrait tenir à ce que, sur ces régions, se trouvait une des dépendances de la chaîne primaire, à laquelle M. Marcel Bertrand a donné le nom de chaîne *hercynienne.* L'érosion en a depuis longtemps fait disparaître le relief, mais sans anéantir complètement les particularités de structure et de composition qui caractérisaient ses racines.

L'origine des schistes cristallins. — Depuis longtemps l'origine du terrain de schistes cristallins, c'est-à-dire de gneiss et de micaschistes, donne lieu à une controverse entre deux écoles: l'une qui voit dans ce terrain l'écorce *primitive,* produit du refroidissement superficiel d'un globe originairement igné; l'autre pour qui les schistes cristallins résultent d'un *métamorphisme,* chimique ou mécanique, opéré aux dépens d'anciens sédiments,

(1) Annales de l'Université de Grenoble, t. VII, nº 1.

soit sous l'influence générale du noyau interne, soit par l'action locale des roches éruptives injectées sous pression.

Il faut reconnaître que, de jour en jour, on voit se multiplier les exemples à l'appui de la seconde manière de voir. Pour nous borner à ce qui regarde la France, les études de MM. Michel-Lévy et Barrois nous ont appris à reconnaître, dans le Plateau Central comme en Bretagne et dans le Cotentin, la généralité du phénomène des *phyllades granulitisés,* engendrant de vrais gneiss et des micachistes, non-seulement avec les phyllades du cambrien, mais avec les schistes du silurien, comme auprès de Cherbourg, et même avec les assises dévoniennes, comme c'est le cas autour du granite de Flamanville.

Voici qu'à son tour M. Bergeron (1), poursuivant ses études sur le massif ancien de la Montagne-Noire, au sud du Plateau Central, est amené à rayer du terrain archéen les gneiss et les micaschistes de ce massif. En effet, il a vérifié le passage latéral des schistes cambriens de la région, d'abord aux schistes à séricite, puis aux schistes micacés et aux gneiss, à mesure qu'on se rapproche de l'axe de la Montagne-Noire. La position de ces schistes ne fait d'ailleurs aucun doute, grâce à leur intercalation entre des bandes de calcaire cambrien non métamorphique.

Les calcaires finissent aussi par se transformer en *cornes vertes* à pyroxène, à épidote, et à amphibole, ces dernières passant aux amphibolites franches. Toutes les amphibolites du massif se raccorderaient ainsi avec les bandes calcaires extérieures. M. Bergeron a observé les mêmes phénomènes dans la région du Vigan et d'Alais.

D'après cela, il est prudent de n'attribuer la dénomination d'*archéen,* prise avec un sens chronologique, qu'aux schistes cristallins qui se montrent surmontés par la série des sédiments précambriens. Même dans ce cas, il convient de s'en tenir au mot d'archéen, qui ne préjuge rien quant au mode de formation, et de ne plus employer le mot de *terrain primitif,* qui présume trop la formation immédiate des schistes cristallins. En effet, il a pu y avoir, antérieurement au dépôt des assises dites précambriennes, des sédiments que le métamorphisme aurait rendus méconnaissables, en effaçant par cristallisation leurs caractères détritiques, en même temps que disparaissaient les traces organiques, s'il y en avait.

MM. Marcel Bertrand et Termier ont d'ailleurs été conduits,

(1) Société géologique de France, 16 décembre 1895.

par leurs études sur les Alpes, à reconnaître que la *gneissification*, si l'on peut s'exprimer ainsi, avait pu atteindre le terrain permien, peut-être même s'élever encore plus haut.

Quant à la cause de ces transformations, tantôt elle est immédiatement visible, grâce à quelque massif granitique, qui a corrodé le terrain encaissant à la manière d'un acide ; tantôt elle reste cachée dans la profondeur, ou bien semble devoir être cherchée dans le *dynamométamorphisme*.

La limite du carboniférien et du permien. — Tandis que, dans l'Europe septentrionale et centrale, le régime marin a été interrompu dès le dépôt du terrain houiller productif, on sait qu'en Amérique il a persisté, sur l'emplacement de l'Illinois, du Texas et du Kansas. De cette manière, à l'heure où se formaient, en Saxe et en Alsace, les dépôts continentaux du grès rouge, une suite ininterrompue de faunes marines se succédaient au centre des États-Unis, de sorte qu'il est extrêmement difficile d'y tracer une limite entre le carboniférien supérieur (étage *ouralien*) et le permien inférieur (*artinskien*).

M. Prosser (1), qui a étudié la série des calcaires et schistes fossilifères du Kansas central, propose de fixer cette limite au-dessus des schistes de Cottonwood, où *Derbya crassa* et *Meekella striato-costata* se montrent associés à *Productus semireticulatus*, surmontant un calcaire massif où abonde *Fusulina cylindrica*.

Le début du permien proprement dit serait caractérisé par l'apparition de *Pseudomonotis Hawni* et *Aviculopecten occidentalis*. Les *Monotis, Bakewellia, Pleurophorus* seraient les genres typiques du système : mais les espèces carboniférienne *Athyris subtilita* et *Productus semireticulatus* s'y retrouveraient presque jusqu'au sommet, sur une épaisseur de plus de 120 mètres.

La flore houillère de l'Amérique du Sud. — On sait quel intérêt s'attache à la répartition des végétaux lors de l'époque houillère, et comment MM. Neumayr et Suess ont été conduits à admettre que, lors du passage du carboniférien au permien, il devait exisfer un grand continent, s'étendant du Brésil à l'Australie, et caractérisé par la prédominance, dans sa flore, du genre de fougères appelé *Glossopteris*.

(1) Journal of Geology, Chicago, 1895, p. 682.

M. Zeiller (1) a pu étudier une série d'échantillons, venant de la province de Rio Grande do Sul, au Brésil, où les genres *Lepidodendron* et *Lepidophloios*, de la flore houillère boréale, sont associés à un *Gangamopteris* et à diverses espèces voisines de celles des couches à *Glossopteris* de l'Inde. Il y aurait donc en ce point une sorte de mélange des deux flores, tandis que, dans la République argentine, un gisement de la province de San Luis ne laisse plus voir que les espèces franchement caractéristiques de la flore à *Glossopteris*.

La région méridionale du Brésil pouvait donc former, au début de l'époque permienne, un trait d'union entre les deux grandes provinces botaniques qui s'étendaient alors, l'une de l'Afrique australe à l'Amérique du Sud, en englobant l'Inde et l'Australie, l'autre sur tout l'hémisphère boréal et peut-être une partie de l'Afrique centrale.

Le Trias himalayen. — Nous avons dit un mot, dans le numéro du 15 janvier 1896, de la richesse paléontologique que déploie le trias dans la région himalayenne. Depuis lors, un travail rédigé en commun par MM. Ed. Suess, Diener, von Mojsisovics et Waagen (2) nous a apporté, avec des détails sur les faunes successives, un essai de classification de tout le trias, uniquement basé sur le développement des genres d'ammonées. Nous signalerons surtout l'abondance des formes de cette famille dans le trias inférieur. Cet étage *werfénien* qui, en Europe, n'offre guère que le genre *Tirolites*, devient si riche en ammonées dans la province indienne que les auteurs y distinguent sept zones, réparties en deux sous-étages, conformément au tableau ci-joint :

Étage scythien	Sous-étage jakoutien		7. Zone à *Flemingites Flemingianus* 6. Zone à *Flemingites radiatus* 5. Zone à *Ceratites normalis*
	Sous-étage brahmanien	Assise gandarienne	4. Zone à *Proptychites trilobatus* 3. Zone à *Proptychites Lawrencianus* 2. Zone à *Gyronites frequens*
		Assise gangétienne	1. Couches à *Otoceras* de l'Himalaya

L'ensemble des zones 5, 6 et 7 correspond au *grès à cératites* du Salt Range, ainsi qu'aux couches à *Ceratites subrobustus* de l'Himalaya.

(1) Soc. géol. de France, 16 déc. 1895.
(2) Sitzungsberichte der Akad. der Wissenschaften, Wien, 1895.

Le nombre des genres d'ammonées trouvés dans le trias inférieur de l'Asie est déjà très considérable. Un seul genre, *Medlicottia*, rattache les couches à *Otoceras* au permien sous-jacent. Mais tandis qu'en Inde ces couches sont triasiques, à Djoulfa, dans l'Asie occidentale, le genre *Otoceras* est dans le permien supérieur. Dans l'Himalaya, les couches en question, où se rencontrent de nombreux *Danubites*, très voisins des *Gyronites*, passent progressivement aux schistes permiens à *Productus* ; et comme les brachiopodes de ces derniers schistes sont ceux des calcaires supérieurs à *Productus* du Salt Range, la zone à *Otoceras* de l'Himalaya vient combler la lacune qui, au sud de la chaîne, séparait le permien du trias.

L'oligocène d'Alatyr en Russie. — Un très-intéressant phénomène vient d'être observé par M. Pavlow (1) à Alatyr, dans la province de Simbirsk en Russie. Les argiles horizontales du néocomien y sont recoupées par un véritable dyke de grès et de sable à grains de glauconie, épais d'environ 30 à 35 centimètres, et vertical. Or le sable est fossilifère, et contient des espèces, comme *Pectunculus tenuisulcatus* et *Astarte Bosqueti*, qui doivent le faire attribuer, selon l'auteur, à l'oligocène inférieur. M. Pavlow pense que, lors de l'invasion, par la mer tertiaire, du territoire qui était émergé depuis la fin des temps crétacés, un tremblement de terre a fait pénétrer dans une crevasse les sables des dépôts oligocènes en voie de formation. Après quoi l'érosion a enlevé tout ce qui n'était pas tombé dans la fente, de sorte que, sans cette chute, on ignorerait complètement que la région ait été envahie par la mer oligocène.

Les plis couchés des Alpes. — Bien des fois, dans les Alpes, on rencontre, au sommet de certaines cimes de roches cristallines, des paquets d'assises jurassiques horizontales. La plupart du temps, on les a considérés comme des sédiments qui se seraient déposés, en discordance, sur la tranche des schistes archéens, et dont l'horizontalité aurait été respectée par le soulèvement, grâce à la rigidité du substratum. Telle est, en particulier, l'explication qu'on donnait de la structure du Mont-Joli, près de St-Gervais, où des schistes noirs liasiques, presque horizontaux, se succèdent sur plus de 1000 mètres de hauteur à partir du sommet.

(1) Geological Magazine, 1896, p. 50.

MM. Marcel Bertrand et Ritter (1) ont montré qu'au milieu de cette série s'intercalaient plusieurs retours de quartzites et de cargneules du trias. En réalité, la montagne est formée par la partie horizontale de cinq plis couchés rabattus les uns sur les autres, plis dont la charnière a été enlevée par l'érosion, et dont la racine se trouve, au-delà du col du Mont-Joli, dans le massif d'Outray. Là, on voit les plis se redresser, devenir presque verticaux, et s'enfoncer en coin dans les schistes cristallins, dont les sépare toujours, non-seulement le trias, mais un ruban de terrain houiller.

Ces plis font donc partie de la grande série de plis couchés à laquelle appartient le couronnement de la Dent du Midi.

La géologie de la Calabre. — Au nombre des descriptions régionales récemment publiées, il en est une qui mérite une mention particulière : c'est celle de la Calabre, par M. Cortese (2). Ce travail est accompagné d'une carte au 500 000e, réduction des feuilles au 50 000e que l'auteur a relevées de 1883 à 1890. Mais ce qui en fait le principal intérêt, c'est la série des coupes coloriées, au nombre de 15, à des échelles variant entre le 50 000e et le 100 000e, sans exagération des hauteurs ; c'est aussi la suite de vues perspectives des côtes calabraises, qui occupe deux planches, et où les couleurs géologiques sont superposées à des croquis fort bien dessinés, qui donnent une idée remarquablement nette des formes du pays. Ces diverses planches sont exécutées avec beaucoup de perfection.

Les coupes mettent bien en évidence la constitution de l'Apennin méridional, avec ses plissements modérés, qui, d'ordinaire, n'affectent pas de couches plus jeunes que l'éocène supérieur, et les fractures qui accompagnent surtout le versant oriental de la chaîne. On y voit très clairement la discordance du pliocène sur tous les autres terrains, ainsi que les effets des soulèvements locaux qui, en certains points, ont porté à 1000 mètres d'altitude, sans en déranger l'horizontalité, les sables jaunes du pliocène supérieur marin.

Un fait à signaler est la grande épaisseur que possèdent, sur les confins de la Calabre et de la Basilicate, les formations calcaires et dolomitiques du trias et du lias. Le trias, en particulier,

(1) Comptes rendus, t. CXXII, 10 février 1896.

(2) *Descrizione geologica della Calabria ;* Memorie della Carta geol. d'Italia, IX, Rome, 1895.

n'aurait pas moins de 2000 mètres ; encore les étages supérieurs seraient-ils seuls représentés. Les calcaires du lias moyen ont 500 mètres ; et comme, parfois, les calcaires crétacés à hippurites viennent s'y superposer, on comprend que le massif du Monte Pollino forme un véritable désert calcaire, aux cimes anguleuses, aux gorges profondes, offrant plusieurs des caractères du Karst illyrien.

Le facies calcaire s'étend d'ailleurs au jurassique tout entier. De nombreuses plaques de calcaire et de dolomie sont superposées aux phyllades de l'archéen dans toute la Calabre, marquant la place de récifs qui se développaient autour des îlots archéens de la région.

Mécanique des plissements terrestres. — L'étude stratigraphique détaillée, que le progrès des exploitations rend possible dans les bassins houillers disloqués, est éminemment propre à faire connaître les lois qui président aux plissements terrestres. M. Bailey Willis (1) et M. Smith Lyman (2) ont tiré, à cet égard, un excellent parti des documents recueillis dans la région des Appalaches. Il ressort de leurs travaux que le développement des plis, dans une région soumise aux effets de la contraction terrestre, dépend surtout de la facilité avec laquelle certaines assises, prédestinées par leur résistance (et que M. Bailey Willis appelle *compétentes),* transmettent la pression reçue. Ce sont ces assises qui déterminent les plis principaux. Mais, dans les intervalles, d'autres couches moins résistantes, ou subissant des variations de composition, d'épaisseur, ou de charge surincombante, peuvent éprouver des plis subordonnés, qui ne se répercutent ni au-dessus ni au-dessous, et se transforment en failles, généralement inverses, quand la limite de résistance est dépassée par l'effort.

M. Lyman affirme que, dans le bassin à anthracite de Pennsylvanie, la moitié des plis principaux sont symétriques, de sorte que le renversement qui ferait plonger les couches de préférence au nord serait beaucoup moins général qu'on ne l'admettait autrefois.

Nous croyons devoir ajouter que les bassins houillers, en vertu même de leur mode de formation, sont particulièrement désignés

(1) *Mechanics of Appalachian Structure.* U. S. Geol. Survey, 12th Annual Report.

(2) Amer. Institute of Mining Engineers, *Atlanta Meeting,* 1895.

pour la production de plis subordonnés, intéressant plutôt les schistes avec houille que les grandes assises sédimentaires qui encadrent les faisceaux de veines de charbon. En effet, ces dépôts se sont formés dans des deltas, où l'épaisseur et la composition des groupes d'assises subissent des variations assez rapides. De là des différences de résistance, qui doivent se traduire en plis secondaires.

A. DE LAPPARENT.

CHIMIE.

L'hélium, élément terrestre. — Les grands succès de l'année chimique appartiennent presque tous à la chimie inorganique. Au commencement de l'année 1895, lord Rayleigh et M. Ramsay, nos lecteurs le savent, ont découvert l'argon. Quelques mois plus tard, M. Ramsay isolait un autre élément, l'hélium. Découvert dans une terre rare appelée *clévéite* (1), ce gaz a attiré sur lui, dès son apparition sur la scène scientifique, l'attention des chimistes et surtout des astronomes.

M. W.-F.-H. Hillebrand avait signalé dans la clévéite la présence d'une dose sensible d'azote susceptible d'être dégagé sous l'influence des acides. M. Ramsay regardait comme très douteux qu'un corps quelconque pût donner de l'azote libre après traitement par un acide. Espérant, d'autre part, trouver une méthode pour faire entrer l'argon en combinaison (car M. Hillebrand avait constaté dans la clévéite un rapport défini entre l'azote et l'oxyde d'urane), le savant chimiste se mit à examiner le gaz.

Il ne fut pas peu surpris, à l'examen spectral du corps obtenu, de reconnaître, à côté du spectre de l'argon, un autre spectre dont la ligne jaune, très brillante, ne coïncidait pas avec les lignes D_1, D_2 du sodium, mais en était très rapprochée. M. Crookes et plusieurs autres savants à sa suite en déterminèrent la longueur d'onde. On reconnut que la nouvelle ligne correspondait parfaitement à la ligne D_3 de l'hélium (Angström 5874,9 ; Crookes 5876,0 ; De Forest Palmer 5875,939). Le corps hypothétique des

(1) La *clévéite* ou *clévite*, minéral découvert par Nordenskiöld, est formée d'oxyde d'urane, d'oxyde de plomb, et de 13 p. c. de terres rares.

astronomes entrait donc dans le monde des réalités. Ce fut un nouveau et magnifique succès pour l'analyse spectrale appliquée à l'étude des corps célestes.

Presque en même temps, M. Langlet, élève de M. Cleve à l'université d'Upsal, parvenait, lui aussi, à séparer le gaz de la clévéite. Le spectre, examiné par M. Thalén, laissait voir également la raie jaune de l'hélium.

Cependant on éleva d'abord quelques doutes sur l'identité de D_3 avec la ligne nouvelle ; mais les recherches ultérieures de MM. Crookes, Runge et Paschen, Norman Lockyer, Deslandres, etc., ont établi la coïncidence parfaite des deux raies.

Sans nous attarder plus longtemps à ces travaux qui sont plutôt du domaine de la physique et de la chimie stellaires, nous allons brièvement donner les principaux détails qui concernent davantage notre branche.

L'hélium se trouve dans une foule de terres rares contenant toutes des sels ou des oxydes d'uranium, d'yttrium ou de thorium : l'yttrotantalite, la tantalite, la fergusonite, la polycrase, la monazite, l'orangéite, etc. Les sources les plus abondantes sont la clévéite et la bröggerite.

M. Bouchard et M. Moureu l'ont également découvert dans certaines eaux minérales ; M. Ramsay, dans le fer météorique. Le Dr Palmieri avait déjà vu, en étudiant les gaz sortant de la lave du Vésuve, une raie de longueur d'onde égale à D_3. Les déjections des profondeurs du globe, aussi bien que la surface du soleil, contiennent donc de l'hélium. Il n'existe pas dans l'atmosphère qui nous entoure, ou s'il s'y trouve, c'est en quantités tout à fait inappréciables. M. H. Kaiser l'a cependant remarqué dans l'atmosphère de Bonn, sans doute à cause du voisinage des nombreuses sources minérales du Siebengebirg.

La densité du nouveau gaz est, d'après M. Ramsay, 2,13 (hydrogène = 1), d'après M. Langlet 2,02. La réfrangibilité de l'hélium, rapportée à celle de l'air, est 0,146 ; sa viscosité 0,96. Son coefficient de dilatation est sensiblement le même que celui de l'air. Son point critique est situé en dessous de — 250°. A 18°, un volume d'eau dissout 0,0073 vol. d'hélium. Il est insoluble dans l'alcool absolu et la benzine. De tous les gaz connus, il est donc le moins soluble. Le rapport $\frac{C}{c}$ des chaleurs spécifiques, déterminé par une mesure de vitesse du son, est égal à 1.652, valeur qui se rapproche suffisamment de la valeur théorique 1,66. Le nouvel

élément serait en conséquence monoatomique et aurait comme poids atomique 4,26 ou 4.04 (1).

Comme l'argon, l'hélium est fortement inerte. Toutefois MM. Troost et Trouvard croient avoir combiné ces deux gaz avec le magnésium sous l'influence prolongée de fortes effluves électriques. MM. Nasini et Anderlini disent y être parvenus par la seule action de la chaleur.

L'hélium est donc un élément monoatomique; mais ce que l'on a décoré de ce nom, est-ce bien un corps complètement isolé et non un mélange de plusieurs gaz monoatomiques comme lui? Les spectres différents obtenus par les expérimentateurs, la détermination des densités difficile et aboutissant à des résultats s'accordant fort peu, les propriétés du gaz variant avec la source dont on l'a tiré, tout semble indiquer que l'on a affaire à un mélange et non à une masse homogène. M. E. A. Hill, en étudiant les cinq spectres attribués par Crookes à l'hélium de diverses provenances, va jusqu'à dire qu'il y aurait ici l'apparition de quinze éléments nouveaux; mais, d'après MM. Runge et Paschen, il n'y a dans tous ces spectres que cinq lignes qu'ils n'ont pu identifier avec celles de l'hélium et du gaz X, ou avec celles d'impuretés telles que le carbone, le magnésium, etc.

Nous venons de nommer le gaz X. C'est le nom donné par les deux chimistes à un élément hypothétique qui accompagne l'hélium. Si l'on étudie les spectres de l'argon et de l'hélium, on est étonné de rencontrer dans les deux spectres plusieurs raies absolument identiques, qui semblent indiquer la présence d'un élément commun dans ces deux gaz. D'autre part MM. Runge et Paschen, en opérant sur du gaz retiré de cristaux de clévéite très pure, ont été amenés par des vues théoriques, qu'ils ont ensuite confirmées par l'expérience, à reconnaître dans l'hélium deux éléments, ni plus ni moins : l'un (le plus lourd, d'après eux) est l'hélium, l'autre plus léger doit encore recevoir un nom. Ils sont même parvenus à séparer plus ou moins ces deux gaz par diffusion à travers un tampon d'asbeste. M. Norman Lockyer a repris ces expériences, mais en conservant dans les deux gaz la même pression, condition qui n'était pas réalisée dans l'expérience des professeurs de Hanovre. Il a reconnu que l'hélium est plus léger que l'autre gaz inconnu.

(1) La conduite de l'hélium soumis à la décharge électrique semble montrer aussi qu'il est monoatomique ; l'argon au contraire se montre diatomique dans ces circonstances.

S'il en est ainsi, il est parfaitement inutile de vouloir, dès maintenant, faire entrer l'argon et l'hélium dans une classification chimique se basant sur les poids atomiques. Encore moins doit-on, comme certains savants, rejeter telle ou telle de ces classifications à cause des anomalies apparentes qui se rencontrent dans cette nouvelle classe de corps. Tout au plus peut-on faire quelques suppositions. Ainsi, si le lecteur veut se reporter aux classifications de Mendelejeff et de Lecoq de Boisbaudran, (Revue des quest. scient., juillet 1895, pp. 181 et 185), il verra que, dans la première, l'argon supposé diatomique pourrait se placer dans le 8e groupe, 2e série, immédiatement après le fluor; l'hélium, dans la 1e série, au-dessus de l'azote; le gaz X, dans la même série, au-dessus de l'oxygène ou du fluor; — dans la classification de Lecoq de Boisbaudran : l'argon en γ, l'hélium en β ou peut-être en α, et le gaz X peut-être en β. D'après M. Gladstone, l'hélium et le gaz X trouveraient leurs places dans la table de Mendelejeff dans le premier groupe, entre l'hydrogène et le lithium. Dans ce groupe, tel qu'il est connu aujourd'hui, on remarque entre les poids atomiques des divers éléments des différences croissantes : 6, 16, 16, 26, etc. Si l'on suppose que les poids atomiques des deux nouveaux gaz soient 2 (?) et 4, les différences deviennent : 1, 2, 3, 16, 16, 26, etc. Ce qui porte le savant anglais à ranger ces corps hypothétiques dans le premier groupe, c'est que, selon la remarque de M. Johnstone Stoney, comme tous les métaux qui appartiennent à ce groupe, ils présentent dans leur spectre une triple série de lignes, phénomène qu'on ne retrouve point dans l'analyse spectrale des autres éléments.

Mais comment se fait-il que l'hélium, si léger, ne se rencontre pas dans l'atmosphère? On peut se poser la même question pour l'hydrogène. Voici comment M. Johnstone Stoney répond à l'une et à l'autre. La vitesse du mouvement moléculaire propre de l'hydrogène est trop grande pour qu'il puisse exister libre dans l'air, et, s'il venait à s'y trouver, il ne tarderait pas à quitter notre globe pour émigrer vers un corps céleste exerçant une attraction gravitationnelle assez grande pour le retenir. Pour ceux à qui ne plaît point la théorie cinétique des gaz, ils peuvent croire avec M. F. C. Philipps qu'on trouverait l'hélium en compagnie de l'hydrogène et du méthane dans les couches supérieures de l'atmosphère.

Selon M. Deslandres, il n'y a plus qu'une seule radiation permanente de l'atmosphère solaire qui n'ait pas été reconnue sur la terre : la raie verte ($\lambda = 5311,6$), appelée raie de la couronne. Elle est spéciale aux régions plus élevées et semble donc appartenir à un gaz plus léger que l'hydrogène, et auquel les astronomes ont déjà donné le nom de *coronium*. A quand sa découverte ?

Combinaison directe de l'azote atmosphérique avec les métaux. — Les azotures métalliques étaient peu connus jusqu'ici, mais la découverte de l'argon a donné une grande impulsion à l'étude de ces corps. C'est que, pour obtenir ce nouveau gaz, il faut le séparer de l'azote en faisant entrer ce dernier en combinaison avec divers métaux tels que le magnésium.

Les premiers composés de cette nature qui aient été formés sont les azotures préparés en 1878, par J. Pellat Rickman. En chauffant du coke avec une base fixe au contact de l'air, il s'aperçut qu'il se produisait, en très minime quantité, un corps renfermant de l'azote et le métal de la base. La mousse de platine, chauffée à haute température, lui donnait dans ces mêmes circonstances les mêmes résultats. Wigled et Geuther, les premiers, firent l'étude sérieuse d'un azoture, l'azoture de magnésium Mg_3N_2, composé qui a joué un rôle si important dans la découverte de l'argon. M. Mallet observa plus tard que le magnésium en brûlant lentement à l'air donne lieu à la formation non seulement d'oxyde, mais aussi d'une poudre grise dans la constitution de laquelle entre l'azote. En chauffant au rouge le magnésium dans un faible courant d'air, M. Méry a obtenu de minimes quantités d'azoture. M. Hinkler en a obtenu davantage en mélangeant la magnésie au magnésium. MM. Rossel et Frank placent par couches, dans un creuset de porcelaine, du carbure de calcium pulvérisé et du magnésium en poudre fine. En chauffant le creuset à la flamme d'un bec Bunsen, ils provoquent la combustion du carbone et du calcium, l'anhydride carbonique et la chaux prennent naissance dans la réaction ; une vive incandescence se produit et, après refroidissement, la presque totalité du magnésium est transformée en azoture Mg_3N_2. L'aluminium, le zinc, le fer et même le calcium, mélangés par couches en poudre fine avec le carbure de calcium pulvérisé, donnent tous lieu à une réaction analogue. D'après les deux chimistes, ces corps se décomposent, au contact de l'eau, en dégageant de l'ammoniaque.

M. Limb, en faisant réagir à température modérée le sodium sur le fluorure double de sodium et de baryum ou sur le fluorure simple de baryum, obtient une substance grise qui n'est, d'après lui, que du baryum réduit. Ce dernier absorbe énergiquement l'azote atmosphérique. M. Maquenne prépare les azotures alcalino-terreux plus facilement encore. Il chauffe dans un tube en verre vert quelques grammes d'un mélange de magnésium et de chaux (ou de baryte, ou de strontiane) pure en poudre. Il obtient ainsi les azotures de calcium, de baryum et de strontium, répondant à la formule $R_3 N_2$.

Mais le métal qui semble avoir le plus d'affinité pour l'azote est le lithium. D'après M. Deslandres, ce métal, qui absorbe l'azote rapidement et même avec incandescence à une température inférieure au rouge sombre, l'absorbe également mais avec moins de rapidité à froid. M. Guntz, qui a fait de ce métal une étude spéciale, a remarqué que la réaction à froid se produisait surtout dans l'air humide. L'azoture de lithium, Li_3N, est un corps rouge-brun, brûlant avec étincelles lorsqu'on le frotte à la lime, ou qu'on le broie dans un mortier. Les surfaces froides de lithium ne tardent pas à se couvrir d'un enduit noir d'azoture, provenant de l'absorption de l'azote atmosphérique.

Les métaux réfractaires. — Les progrès de l'électrométallurgie dans ces dernières années sont presque incroyables. Les méthodes industrielles se sont perfectionnées sans cesse. Les méthodes de laboratoire ne sont pas restées en arrière. On connaît le four électrique de M. Moissan et tous les services qu'entre les mains de son inventeur il a rendus déjà à la chimie depuis sa découverte. C'est au moyen de cet appareil qu'a été réalisée la production du diamant, la cristallisation des oxydes métalliques, la réduction des oxydes réputés irréductibles, la fusion des métaux dits réfractaires, la distillation de la chaux, de la silice, du zircon, enfin la volatilisation rapide de métaux tels que le platine, le cuivre, l'or, le fer, le manganèse, l'aluminium, l'uranium.

M. Moissan s'est appliqué dans ces derniers mois à l'étude de plusieurs corps simples mal connus.

Si le chrome n'occupe pas aujourd'hui dans l'industrie une place privilégiée, cela tient à la difficulté de sa préparation. On n'est jamais arrivé à le produire en quantités notables, et lorsqu'on a voulu utiliser ses importantes qualités pour la fabrication des aciers chromés, il a fallu préparer un alliage de fer et de

chrome très riche en carbone, le ferrochrome. Mais à l'aide du four électrique, on a pu réduire le sesquioxyde de chrome et obtenir ainsi en abondance une fonte de chrome qui donne à l'affinage le chrome pur. Ce métal, bien différent de celui qu'on avait obtenu jusqu'ici, peut se limer comme le fer et prendre un très beau poli. Il est inoxydable et plus infusible que le platine. Les alliages chromés présentent aussi de grands avantages. Le cuivre pur, par exemple, allié à 0,5 p. c. de chrome, prend une résistance presque double, et cet alliage s'altère moins que le cuivre pur au contact de l'air humide.

Le molybdène s'obtient en soumettant à l'action du four un mélange d'oxyde de molybdène et de charbon. La fonte obtenue s'affine par une nouvelle chauffe en présence d'un excès d'oxyde de molybdène. Ce métal fondu possède un grain très fin et une surface brillante. Il peut se limer et, au rouge, se forger sur l'enclume.

Le tungstène est un métal plus infusible encore que le chrome et le molybdène. Il s'obtient sans difficulté au four électrique.

Les oxydes d'uranium sont irréductibles par le charbon aux températures ordinaires des fourneaux, mais l'électricité les réduit sans peine. On obtient un lingot métallique à cassure brillante d'une grande dureté. S'il est légèrement carburé, ce métal fait feu au contact d'un silex. Les parcelles arrachées brûlent avec une intensité et une énergie beaucoup plus grandes que celles données par un morceau de fer.

De tous les corps étudiés par M. Moissan, celui qui s'est montré le plus réfractaire est le titane. Avec un courant de 100 ampères et 50 volts, un mélange de charbon et d'acide titanique a donné le protoxyde de titane ; avec un courant de 300 amp. et 70 volts, on n'a obtenu que l'azoture de titane. Sous l'action de courants plus puissants, 1000 amp. et 60 volts, on a pu préparer un carbure cristallisé, et enfin le véritable titane. Les poudres grises que l'on décore de ce nom ne rappellent en rien le métal pur. Ce corps prend feu dans le fluor ; il ne décompose l'eau qu'au rouge vif, et il possède la curieuse propriété de brûler dans l'azote à haute température. L'azoture de titane a été étudié par Friedel et Guérin. Le titane se combine avec facilité au carbone et au silicium. M. Ramsay a constaté que l'argon n'exerçait aucune action sur ce métal pas plus que sur les autres.

Le point de fusion du titane est très élevé ; cette propriété le rapproche du carbone. Il s'en distingue cependant en ce que, à la pression ordinaire et à une très haute température, 3500°

d'après M. Violle, le carbone se volatilise sans se fondre ; le titane, au contraire, passe d'abord par l'état liquide.

Les carbures métalliques et leur action sur l'eau. — On se rappelle qu'en 1894 M. Moissan découvrit le carbure de calcium qui, par son action sur l'eau, produit l'acétylène C_2H_2. Depuis lors de nombreux carbures ont été formés au laboratoire électrique de M. Moissan par lui et par ses aides. Tous ces corps se distinguent par les réactions singulières qui prennent naissance lorsqu'ils viennent en contact avec l'eau.

Les métaux alcalins donnent des carbures en $C_2R'_2$; les métaux alcalino-terreux, des carbures en $C_2 R''$. Au nombre de ces derniers se trouve le carbure de calcium CaC_2, corps déjà bien connu. Le carbure de lithium, $Li_2 C_2$, est une matière blanche à cassure cristalline, transparente (ce en quoi elle se distingue des autres carbures métalliques). A froid, l'eau donne lieu à un dégagement rapide d'acétylène pur. A 100°, la réaction est violente. Un kilogramme de carbure de lithium fournit 587 litres de gaz, soit environ 250 litres de plus que le carbure de calcium.

Une seconde classe de ces composés produit au contact de l'eau le méthane CH_4. A cette classe appartiennent les carbures d'aluminium $C_3 Al_4$, et de glucinium CGl_2.

Le manganèse forme avec le carbone un composé CMn_3, étudié déjà par MM. Troost et Hautefeuille. Sous l'action de l'eau, ce corps s'est transformé en hydroxyde et a dégagé un gaz brûlant avec une flamme peu éclairante. L'analyse de ce gaz a décelé la présence, en quantités presque égales, du méthane et de l'hydrogène.

Le cérium, l'yttrium et le lanthane ont fourni des carbures analysés le premier par M. Moissan, les deux autres par M. Petterson. Ils sont de la formule générale $C_2 R''$. Le carbure de cérium se présente sous forme d'un culot homogène à cassure cristalline, il se délite à l'air et dégage une odeur fortement alliacée qui rappelle celle de l'allylène. Sous l'action de l'eau apparaît un hydrate de cérium, blanc tant qu'il reste sous l'eau, mais qui tourne au " lie de vin „ à l'air libre ; en même temps se dégage un mélange d'acétylène $C_2 H_2$ (75 p. c.), d'éthylène $C_2 H_4$ (4 p. c.) et de méthane CH_4 (21 p. c.). Plus l'eau est froide, plus la proportion d'acétylène croît aux dépens des deux autres gaz. Les carbures d'yttrium et de lanthane ont la même action sur l'eau, mais ils dégagent en outre de l'hydrogène en petites quantités.

Le zirconium peut former deux composés carbonés, C_2Zr étudié par M. Troost, et CZr préparé par M. Moissan. Ce dernier, de couleur grise et d'aspect métallique, offre ceci d'intéressant que, contrairement à tous les autres carbures des métaux, l'eau est sans action sur lui. Les acides mêmes et les alcalis ne l'attaquent que très difficilement.

Restent deux autres carbures, le carbure de thorium C_2Th et le carbure d'uranium C_2Ur_2, qui présentent une réaction toute particulière lorsqu'on les met en contact avec l'eau. Le carbure d'uranium est une masse à cassure cristalline, d'un aspect rappelant le bismuth, moins dure que les autres carbures métalliques. Comme l'uranium, il donne des étincelles lorsqu'on le frappe avec un corps dur. L'action de l'eau est très curieuse. Elle donne lieu à un dégagement de gaz assez lent, mais qui s'accélère si l'on n'ajoute que peu d'eau, ou si l'on abaisse la température. Le carbure se transforme en un hydroxyde vert qui devient presque noir à l'air libre. Mais l'analyse des gaz obtenus (acétylène 0,5 p. c., éthylène 6 p. c., méthane 79,5 p. c., hydrogène 14 p. c.) montre que les deux tiers environ du carbone manquent pour retrouver la quantité qui se trouvait dans le carbure employé. Où donc est le reste ? Il s'est formé toute une série d'hydrocarbures liquides et solides, qui laissent, après leur distillation, un résidu bitumineux. L'analyse complète de ces produits n'est pas encore achevée. Le carbure de thorium donne lieu aux mêmes réactions: mais la quantité d'hydrocarbures liquides et solides formés est moins considérable.

Certes, s'il fallait encore des traits d'union entre la chimie organique et la chimie inorganique, en voilà un plus frappant que tous les autres. Peut-être aussi cette singulière réaction viendra-t-elle jeter un peu de lumière sur les combinaisons chimiques qui se forment au sein de la terre et viennent se dégager à la surface. Remarquons toutefois qu'il ne serait pas impossible que cette complexité des réactions du carbure d'uranium en face de l'eau ne soit due à ce que ce composé n'ait pas été préparé dans un état de pureté suffisante.

La valence du glucinium. — A la séance du 7 octobre 1895, M. P. Lebeau présentait à l'Académie des sciences de Paris une note sur un carbure de glucinium. Ce carbure, obtenu en chauffant au four électrique un mélange de glucine et de charbon, se rapprochait tellement par ses propriétés du carbure d'aluminium

$C_3 Al_4$, que l'expérimentateur se crut autorisé à donner au nouveau composé une formule analogue $C_3 Gl_4$. Il ressuscitait ainsi une question déjà bien débattue, à savoir la valence du glucinium.

L'analyse du carbure obtenu lui avait en effet donné comme moyenne :

Gl	60,53
C	39·47

Pour attribuer au carbure de glucinium la formule $C_3 Gl_4$, il devait donc donner à cet élément le poids atomique 13,8 (Berzelius : 13,48), au lieu de 9,102 qu'on lui assigne d'ordinaire aujourd'hui. Dans ces conditions, la glucine serait un sesquioxyde $Gl_2 O_3$, et non un monoxyde GlO ; le glucinium serait trivalent et non bivalent.

On peut opposer à cette manière de voir l'expérience de MM. Nilson et Petterson (1884), dans laquelle ces deux savants déterminèrent la densité de vapeur du chlorure de glucinium. De 686° à 800°, elle fut trouvée d'accord avec la formule $Gl Cl_2$ et non $Gl Cl_3$ ou $Gl_2 Cl_6$. A la fin de décembre 1894, M. A. Combes avait d'ailleurs apporté à la bivalence du glucinium une confirmation expérimentale de grande valeur. D'après ses recherches, l'acétyl-acétone $CH_3 . CO . CH_2 . CO . CH_3$ possède un atome H et un seul remplaçable par un élément métallique. Les combinaisons que l'on obtient ainsi sont toutes solides, cristallisées, bien définies et volatiles ; on peut facilement mesurer leur densité de vapeur et, par conséquent, connaître avec certitude leur poids moléculaire. Ces composés répondent aux formules globales $(C_5 H_7 O_2) M'$, $(C_5 H_7 O_2)_2 . M''$ et $(C_5 H_7 O_2)_3 . M'''$.

Voilà donc un critérium de la valence assez infaillible pour qu'on puisse y ajouter foi. Or, la formule du dérivé glucinique est $(C_5 H_7 O_2) . Gl$, tandis que l'acétyl-acétonate d'aluminium a pour formule $(C_5 H_7 O_2)_3 . Al$. De cette expérience il semble résulter que la glucine a pour formule Gl O et qu'en conséquence le glucinium est bivalent.

D'ailleurs, comme l'a très bien fait remarquer M. L. Henry, ce ne sont pas quelques analogies rencontrées dans les propriétés du carbure de glucinium et du carbure d'aluminium qui suffisent pour faire donner au premier de ces éléments un poids atomique en contradiction avec des expériences si positives. Nombreux sont les composés qui présentent dans leurs réactions de profondes analogies et qui pourtant ont une constitution moléculaire différente. Il suffit de comparer la magnésie MgO,

l'alumine Al_2O_3 et la silice SiO_2, trois oxydes qui présentent sans nul doute de très grandes ressemblances entre eux. Est-il pour cela un seul chimiste qui ait l'intention de ramener la formule de ces trois corps à une forme identique, et de changer ainsi les poids atomiques admis pour le magnésium, l'aluminium et le silicium ?

Nous pouvons donc conclure que la bivalence du glucinium semble aujourd'hui parfaitement établie. Son poids atomique est 9,102 et non 13,480. Cette valeur s'accorde d'ailleurs très bien avec les résultats de l'analyse faite par M. P. Lebeau :

Trouvé par l'analyse :		Calculé pour C_3Gl_4 (Gl=13,48)	Calculé pour CGl_2 (Gl=9,102)
Gl	60,53	60,03	60,33
C	39,47	39,97	39,67

Séparation qualitative du nickel et du cobalt. — Dans le courant de l'année dernière, M. A. Villiers a publié une série de notes très intéressantes sur les sulfures métalliques. Au cours de ces recherches, il s'est vu amené à reconnaître, dans la plupart d'entre eux, au moment de leur formation sous l'action des sulfures alcalins, un état différent de celui qu'ils possèdent après précipitation ; il a donné à cette manière d'être spéciale le nom d'*état protomorphique*. L'exposé de tous les résultats obtenus par M. Villiers nous entraînerait trop loin ; nous n'en citerons qu'un des principaux et des plus pratiques.

Pour peu qu'on ait fait quelques pas dans la chimie analytique, on sait la difficulté que présente la séparation du nickel et du cobalt. Les meilleures méthodes proposées jusqu'ici sont longues et difficiles. L'état protomorphique fournit une réaction très sensible qui différencie complètement entre eux les sulfures de cobalt et de nickel.

Lorsqu'on mélange un précipité de sulfure de nickel avec du sulfure ou de l'hydrosulfure d'ammonium ou de sodium, si ces réactifs sont fortement chargés de soufre, le sulfure de nickel se dissout en grande partie, et la liqueur filtrée devient noire ou brune ; s'ils sont exempts de soufre, et qu'on empêche l'accès de l'air pendant la filtration, le liquide passe incolore, et le sulfure de nickel reste en totalité dans le filtre.

Mais si c'est au moment de sa formation qu'on fait réagir le sulfure de sodium sur le sulfure de nickel, il en va tout

autrement. Versons dans la solution d'un sel de nickel un excès de soude, additionnée d'acide tartrique afin d'empêcher la précipitation de l'oxyde de nickel par l'alcali. En faisant arriver alors un courant de gaz sulfhydrique, il ne se produit pas de précipité, mais le sulfure métallique se dissout à mesure qu'il se forme, et la solution devient tout à fait noire.

Le sulfure d'ammonium, au contraire, ne dissout pas la moindre quantité de sulfure de nickel au moment de sa formation, à moins qu'il n'y ait du soufre en liberté.

La rapidité avec laquelle le sulfure de nickel se transforme dans sa variété insoluble augmente avec l'élévation de la température. En opérant à l'ébullition, par exemple, la majeure partie du sulfure se précipite. Par contre, la solution que l'on obtient à froid jouit d'une grande stabilité et on peut la soumettre à l'ébullition indéfiniment, sans déterminer la séparation du sulfure.

Arrivons-en au cobalt. Si l'on fait passer de l'acide sulfhydrique dans une solution d'un sel de ce métal additionnée de soude et d'acide tartrique, le cobalt se précipite complètement à l'état de sulfure, contrairement à ce qui a lieu pour les sels de nickel, et l'on constate que la liqueur, une fois saturée d'hydrogène sulfuré, passe entièrement incolore.

Le sulfure de cobalt, au moment de sa mise en liberté, est donc incapable de se dissoudre dans le sulfure alcalin ; ou bien, ce qui paraît plus probable, il se transforme en sa modification définitive avec une vitesse telle qu'il échappe à l'action du dissolvant. Ce qui semble le prouver. c'est que dans le cas d'une solution cobaltique très étendue, le sulfure formé se dissout.

De ces différences très nettes que l'on constate dans l'action du sulfure de sodium sur les sels de nickel et de cobalt, on peut tirer une méthode de séparation qualitative de ces deux métaux, facile et sensible à la fois. La liqueur pouvant contenir le nickel et le cobalt est additionnée d'acide tartrique et de soude caustique; on la soumet ensuite jusqu'à refus à un courant de gaz sulfhydrique. En l'absence complète de nickel, le filtrat est incolore. Sa présence est, au contraire, manifestée par la coloration noire ou brune de la liqueur, selon que le nickel se trouve en quantités plus ou moins considérables; s'il n'y en a que des traces, la coloration est encore sensible. La réaction peut indiquer la présence de quelques millièmes de nickel dans un sel de cobalt. Malheureusement, devant une grande quantité de sulfure de cobalt, un peu de sulfure de nickel se précipite, et réciproquement, devant un grand excès de sulfure de nickel, un peu de

sulfure de cobalt est entraîné dans la dissolution, si bien que cette méthode, toute précieuse qu'elle soit, ne peut être jusqu'ici employée pour la séparation *quantitative* des deux métaux.

Nouveau pyromètre de précision. — L'estimation des températures élevées auxquelles se passent certaines réactions, ou bien auxquelles certains corps changent d'état, est pour le chimiste chose souvent très ardue. Aussi la découverte d'un instrument permettant d'une façon commode la mesure de ces températures est-elle pour lui un heureux événement. MM. Heycock et Neville ont construit un nouveau pyromètre basé sur l'accroissement de résistance électrique du platine en fonction de la température. Les mesures se font par la méthode du pont de Wheatstone et des résistances, méthode assez facile et qui ne laisse rien à désirer.

Une question se posait devant les inventeurs : l'accroissement de résistance est-il proportionnel à la température ? Pour la résoudre, ils ont comparé les résultats fournis par leur instrument avec ceux obtenus par d'autres méthodes. Ils ont constaté de cette manière la parfaite régularité de l'accroissement des résistances. MM. Heycock et Neville ont pu établir, grâce à cette découverte, des points de fusion voisins de 1000°. Ces déterminations, qui comportent toute la précision des mesures électriques, donnent, paraît-il, la température exacte à moins d'un degré près.

Voici la liste des points de fusions relevés par les deux savants:

Sn = 231,9	Al = 654,5	K_2SO_4 = 1066
Zn = 419,4	Ag = 960,7	Na_2SO_4 = 883
Mg = 632.5	Au = 1061.7	Na_2CO_3 = 850
Sb = 629,5	Cu = 1080,5	

On remarquera le point de fusion de l'antimoine, 629°,5. On savait que ce métal ne pouvait être liquéfié qu'au four Perrot; mais on donnait ordinairement comme point de fusion 440° à 450°.

Nouvelles contributions à la chimie du silicium. — Le silicium et le carbone, tous deux tétravalents, ont par ce fait même de grandes ressemblances entre eux. Chacun d'eux donne naissance à de nombreux dérivés analogues les uns des autres ; mais les composés du carbone suivent dans leur formation des lois bien différentes de celles qui règlent la combinaison du

silicium. Les dérivés du carbone peuvent être regardés comme formés des hydrocarbures par une série de transformations fort simples. Au contraire, le plus grand nombre des composés siliciés dérivent d'un corps bien autrement stable, l'anhydride silicique. C'est là, sans doute, ce qui explique, d'une part la variété presque infinie des composés du carbone et, d'autre part, le nombre relativement restreint des composés du silicium. Il peut se faire pourtant qu'un jour on doive détacher de la chimie inorganique une chimie du silicium, comme on en a déjà détaché une chimie du carbone.

Woehler, puis MM. Friedel et Ladenburg avaient déjà préparé le silicichloroforme $SiHCl_3$ et le silicibromoforme $SiHBr_3$ à l'aide du silicium cristallisé. M. Gattermann y est arrivé à l'aide du siliciure de magnésium. M. Combes a remplacé ce dernier par le siliciure de cuivre, produit qui se trouve dans le commerce. Par l'action de l'acide chlorhydrique parfaitement sec, le siliciure se décompose intégralement ; il ne reste plus que du cuivre. Les produits recueillis donnent à la distillation fractionnée 80 p. c. environ de silicichloroforme, 20 p. c. de tétrachlorure $Si\,Cl_4$ et quelques traces de Si_2Cl_5 et Si_3Cl_8. Avec l'acide bromhydrique le rendement est moins bon ; avec l'acide iodhydrique il est nul ; cela tient, sans doute, à la dissociation partielle que subissent ces deux acides.

Dans ses recherches actuelles, M. Combes s'est proposé de réaliser des corps analogues à la paraleucaniline $HC(C_6H_4NH_2)_3$ et à la pararosaniline $HOC(C_6H_4NH_2)_3$, n'en différant que par le remplacement de l'atome de carbone central de ces dérivés du triphénylméthane $HC(C_6H_5)_3$ par un atome de silicium. Il a voulu reconnaître quelle influence aurait cette substitution sur les propriétés des combinaisons obtenues, particulièrement au point de vue de la formation des matières colorantes. Après plus d'un essai infructueux, il est parvenu à former les deux composés : $Si\,[C_6H_4N(CH_3)_2]_4$ et $HSi\,[C_6H_4\,N(CH_3)_2]_3$. Ce sont des dérivés phénylés du silicoprotane $Si\,H_4$. Le dernier, notamment, répond à la leucobase du violet hexaméthylé. En l'oxydant en solution chlorhydrique par le brome, le chlore, ou le bioxyde de plomb, on obtient, à la vérité, des matières colorantes ; mais l'analyse montre que ces matières ne sont pas différentes de celles que l'on obtient par l'oxydation de la diméthylaniline $C_6\,H_5\,N(CH_3)_2$. Si l'oxydant est moins énergique, le nitrate mercureux par exemple, on aboutit à d'autres résultats. M. Combes a formé de cette façon un corps de formule $HOSi\,[C_6\,H_4\,N(CH_3)_2]_3$. Ce composé se

dissout facilement dans les acides, et l'on peut obtenir un chlorhydrate solide en faisant agir l'acide chlorhydrique sur sa solution éthérée. Mais, chose singulière, la solution dans les acides et le chlorhydrate solide lui-même sont incolores. D'où cela vient-il ? Cette absence de coloration est-elle due au simple remplacement de l'atome de carbone central ? ou bien l'édifice moléculaire a-t-il été construit sur un autre plan ? C'est ce que M. Combes nous dira sans doute plus tard.

Il serait à désirer de voir ces recherches poussées avec plus d'ardeur par un certain nombre de chimistes. Cette étude ne manquerait certes pas d'intérêt, surtout si l'on remplaçait dans la molécule non pas seulement l'atome central de carbone, mais tous les atomes de carbone par des atomes de silicium ; il est vrai qu'il faudrait pour cela pouvoir construire la molécule de silicobenzine $Si_6 H_6$; le silicium devrait donc avoir des liaisons doubles ; mais pareil travail n'a pas été réalisé jusqu'ici.

Fluorures d'acides organiques. — Au cours de laborieuses recherches, M. Meslans est arrivé à éthérifier directement l'acide fluorhydrique par l'alcool éthylique (1889), l'alcool amylique et la glycérine (1896). En collaboration avec M. Girardet, il présente actuellement les résultats de ses travaux sur les fluorures d'acides. En 1892, M. Meslans avait déjà obtenu le fluorure d'acétyle $CH_3.CO.Fl$. Aujourd'hui les deux chimistes indiquent une méthode générale de préparation de ces éthers. D'après eux, on peut faire la synthèse du fluorure d'un acide de la série grasse ou de la série aromatique en faisant réagir le chlorure d'acide correspondant sur le fluorure de zinc anhydre. Dans la plupart des cas, la chaleur ne doit pas intervenir et le rendement est presque théorique.

Ils ont étudié en particulier le fluorure de propionyle et le fluorure de benzoïle. Le fluorure de propionyle $CH_3.CH_2.CO.Fl$ est un liquide de densité 0,972 (à 15°). Il bout à 44°. On ne peut le conserver dans le verre qu'il attaque assez rapidement. L'action de l'eau, presque immédiate sur le chlorure, est très lente sur le fluorure. A chaud, la réaction s'accélère un peu ; il se forme de l'acide fluorhydrique et de l'acide propionique. Mélangé à une solution alcaline, il se décompose très rapidement en donnant de l'eau, un fluorure et un propionate alcalins. L'action des alcools est lente : elle donne lieu à la formation d'acide fluorhydrique et d'éther propionique. Le gaz ammoniac décompose instantanément le fluorure en fluorure d'ammonium et propion-

amide. Le fluorure de benzoïle $C_6H_5.CO.Fl$, déjà décrit en 1892 par M. Guenez, possède une odeur très irritante et provoque le larmoiement. Son point d'ébullition est situé à 154°. L'eau même à l'ébullition ne le décompose que lentement. L'action des alcalis et du gaz ammoniac sur le fluorure de benzoïle est analogue à celle qu'ils exercent sur le fluorure de propionyle.

M. A. Colson propose une autre méthode de synthèse de ces composés : saturer d'acide fluorhydrique bien sec l'anhydride de l'acide dont on veut obtenir le fluorure. En faisant réagir l'acide fluorhydrique sur l'anhydrique acétique, il obtient ainsi le fluorure d'acétyle $CH_3.CO.Fl$:

$$(CH_3.CO)_2.O + HFl = CH_3.CO.Fl + CH_3.CO.OH.$$

Ce liquide, étudié par M. Meslans il y a quatre ans déjà, bout à 20°8. Sa densité (à 0°) est 1,0369. On peut encore y arriver en versant un mélange d'anhydride acétique et d'acide sulfurique sur du fluorhydrate de fluorure de sodium. Les mêmes méthodes peuvent conduire à la formation des autres fluorures d'acides.

Toutes ces recherches relatives aux éthers fluorhydriques présentent un véritable intérêt, vu le très petit nombre de composés organiques dans lesquels on est parvenu jusqu'ici à faire entrer le fluor. Il semble que si cet élément est plus rebelle que le chlore pour s'unir à une molécule organique, l'union une fois accomplie est aussi plus stable : témoin l'action de l'eau sur les fluorures et sur les chlorures d'acides.

J. Van Geersdaele, S. J.

PHYSIOLOGIE.

—

Action de la partie intercartilagineuse des muscles intercostaux internes. — Chez les mammifères, les côtes ne s'étendent point de la colonne vertébrale au sternum, mais elles s'arrêtent avant d'arriver à la ligne médiane de la poitrine et se continuent par des cartilages.

Les côtes et les cartilages forment un angle qui s'ouvre en haut.

Les côtes sont reliées entre elles par des muscles, les uns

situés sur un plan antérieur et appelés muscles *intercostaux externes,* les autres formant le plan postérieur et appelés *intercostaux internes.*

Entre les cartilages, on voit également une lame musculaire qui continue les muscles intercostaux internes et que nous appellerons, pour abréger, muscles intercartilagineux.

Les muscles intercostaux internes ont suscité de grandes discussions, trop grandes peut-être si on considère leur peu d'épaisseur, qui ne leur permet pas de jouer un grand rôle dans l'économie. Nous ne nous en occuperons pas.

Les fibres des muscles intercostaux externes aussi bien que celles des muscles intercartilagineux se dirigent obliquement de haut en bas vers le sommet de l'angle formé par les côtes et les cartilages, mais par le fait même qu'elles sont situées des deux côtés de la bissectrice de cet angle, leur direction n'est pas parallèle mais convergente.

Leur action commune est de relever le sommet de l'angle et par là de dilater la poitrine. Au point de vue de la mécanique, ils sont donc inspirateurs.

En va-t-il de même au point de vue physiologique? En d'autres termes, se contractent-ils réellement pendant la phase appelée *d'inspiration ?*

Pour les muscles intercostaux externes, le doute n'est pas possible. Pour les intercartilagineux, la solution n'est pas si claire ; car, d'après Martin et Hartwell, ils restent parfaitement inertes quand la poitrine se gonfle, et n'entrent en activité que pendant l'expiration.

Les Drs Paul Masoin (Gand) et René du Bois-Reymond (Berlin) (1) ont conçu des doutes sur l'expérience si paradoxale de Martin et Hartwell et se sont décidés à la répéter.

On sait que le diaphragme agit puissamment dans l'inspiration. Si les intercartilagineux ont une action synchrone avec la sienne, leur influence inspiratrice ne peut plus être déniée.

Si la poitrine restait intacte, on pourrait attribuer la contraction apparente des intercartilagineux à une simple rétraction élastique provenant du rapprochement passif des deux extrémités de chaque fibre pendant la phase d'inspiration.

On doit donc, pour étudier la contraction physiologique du

(1) *Zur Lehre von der Function der Musculi intercostales interni.* Separat Abzug aus Archiv für Anatomie und Physiologie, Physiologische Abtheilung, 1896.

muscle, isoler de leurs connexions avec les côtes les deux cartilages entre lesquels il s'étend, tout en respectant les vaisseaux et surtout les nerfs, causes du mouvement physiologique des muscles.

Cette première condition remplie, les expérimentateurs plantent dans l'épaisseur du muscle les deux pointes d'un compas dont les branches s'étendent toutes deux au delà du sommet. Les deux pointes opposées aux premières agissent sur les deux lames élastiques parallèles d'un tambour de Marey et, par leurs mouvements, augmentent ou diminuent la capacité de l'instrument. Grâce à un tube en caoutchouc, ces variations de capacité sont inscrites par le levier d'un autre tambour sur un cylindre enregistreur.

Pour inscrire les mouvements du diaphragme, on se sert d'un levier mobile autour de son centre. L'une des extrémités, en forme de spatule, s'insère entre le foie et le diaphragme, l'autre appuie sur un tambour de Marey qui renvoie le mouvement à un autre tambour armé d'un levier inscripteur.

On a soin d'inscrire les courbes des deux mouvements l'une sous l'autre ; la comparaison devient par là très aisée.

Un simple coup d'œil sur les tracés suffit à démontrer la simultanéité de la contraction du diaphragme et des muscles intercartilagineux. Ceux-ci concourent donc à l'inspiration.

Tel est même l'accord entre le diaphragme et les muscles considérés que l'ammoniaque les arrête tous deux à la fois, et tous deux à la fois également recommencent leur rythme régulier.

Toutefois les muscles intercartilagineux n'entrent pas en fonction chaque fois que le diaphragme agit. Ils semblent plutôt devoir aider et suppléer le diaphragme dans les cas difficiles. Ainsi, dans l'opération exécutée par Masoin et du Bois-Reymond, tant que le thorax n'était pas ouvert, il était impossible de percevoir une contraction des muscles intercartilagineux. Mais dès que l'air, pénétrant dans la poitrine, rendit la respiration pénible, les muscles entrèrent en action.

De même, si on détermine une paralysie du diaphragme par la section des deux nerfs phréniques, les muscles intercartilagineux redoublent d'activité pour combattre la dyspnée.

Le corps problématique de Platner et le ligament intercellulaire de Zimmermann. — Platner a trouvé dans les cellules mâles de la glande hermaphrodite du limaçon un corps différent du noyau et différent aussi du *noyau accessoire*

fréquemment adjoint au noyau dans le protoplasme cellulaire. D'un autre côté, Zimmermann a signalé, chez le limaçon aussi, un cordon reliant plusieurs cellules testiculaires entre elles.

Dans un mémoire publié par La Cellule, Bolles Lee (1) prétend que ces deux apparences sont deux stades d'un seul et même phénomène.

La division des cellules testiculaires de l'Hélix est précédée par la karyokinèse, ou mouvement des éléments spécialement colorables du noyau vers ses deux pôles. Les deux couronnes polaires ainsi obtenues sont reliées par un fuseau de fils fins achromatiques.

Généralement ce fuseau disparaît quand la division cellulaire est achevée.

Dans l'*Helix*, il n'en va pas de même. Le fuseau, réduit, défiguré, persiste. S'il se retire tout entier dans une des cellules filles, c'est le corps problématique de Platner ; s'il se trouve en partie dans une cellule fille, en partie dans l'autre, c'est le ligament intercellulaire de Zimmermann.

Quand une des cellules filles se divisera à son tour, le nouveau fuseau s'adjoindra parfois au reste de l'ancien, trois cellules se trouveront alors réunies par le ligament. Et le procédé se perpétuant, un même ligament peut se prolonger à travers douze cellules, comme l'a constaté l'observateur.

Dans les figures de Bolles Lee se voient tous les stades, depuis le fuseau simple jusqu'au long ligament se poursuivant dans l'intérieur de cellules multiples. Nécessairement ces figures ont été empruntées à des cas différents les uns des autres ; sinon, l'hypothèse de Bolles Lee ne serait plus simplement une probabilité, mais une vérité établie.

Ganglions spinaux et racines postérieures des nerfs spinaux. — On sait depuis longtemps que les racines postérieures des nerfs spinaux n'ont point pour origine la moelle, mais les ganglions spinaux.

Les cellules de ces ganglions sont bipolaires chez les poissons adultes ; l'un des prolongements va vers la périphérie, l'autre se dirige vers la moelle et forme la racine postérieure.

Chez les vertébrés supérieurs, la cellule ganglionnaire n'a qu'un prolongement, mais il se bifurque bientôt et ses deux branches se rendent également à la périphérie et à la moelle.

(1) *La Régression du fuseau caryocinétique.* La Cellule, t. XI, 1er fasc., 1895, p. 27.

Si l'on consent, — et on aurait mauvaise grâce de ne pas le faire, — à considérer le prolongement unique comme une expansion de la cellule, émettant une fibre de part et d'autre, la différence entre les poissons et les vertébrés supérieurs s'évanouit pour ainsi dire, et on peut considérer toutes les cellules ganglionnaires comme bipolaires, la seule différence étant que les deux pôles — non les pôles géométriques mais les pôles physiologiques — sont très éloignés chez les poissons, sont infiniment voisins chez les autres vertébrés.

Mais cette marche des deux pôles l'un vers l'autre n'est pas une simple conception de l'esprit, c'est un fait. Chez les vertébrés supérieurs, les cellules ganglionnaires commencent par être franchement bipolaires. Mais, peu à peu, le protophasme cellulaire se porte tout entier d'un côté de l'axe unissant les deux pôles et s'étire à partir de cet axe. La partie étirée forme le prolongement unique, et les deux fibres, qui partaient d'abord de deux points diamétralemant opposés, semblent maintenant partir d'un point unique.

D'un autre côté chez les poissons, qui généralement ne dépassent pas le stade embryonnaire à deux pôles franchement accusés, on trouve cependant parfois l'état plus avancé de la fusion des pôles. Freud, Nansen et Retzius avaient déjà signalé le fait chez les poissons vermiformes semblables aux lamproies. Lenhossek, le premier, avait trouvé la même disposition chez un poisson tout à fait digne de ce nom, le *Pristiurus*, appartenant au même ordre que les requins. Isidore Martin (Louvain) (1) a eu la fortune de la constater même chez un poisson tout à fait commun, la truite.

La truite lui a permis même de signaler un nouveau trait de ressemblance entre les poissons et les autres vertébrés. En pénétrant dans la moelle des vertébrés supérieurs, la fibre centrale des cellules ganglionnaires se bifurque en un filet ascendant et un filet descendant. Chez les poissons, la lamproie seule avait fourni un exemple de cette bifurcation. La truite nous en donne un second exemple d'une plus haute portée encore, car il s'agit d'un poisson répondant mieux au type ordinaire de la classe à laquelle il appartient.

L'inanition chez le lapin. — Si on veut étudier l'effet de

(1) *Contribution à l'étude de la structure interne de la moelle épinière chez le Poulet et la Truite.* La Cellule, t. XI, 1er fasc., p. 53.

certains médicaments ou de certains poisons sur les échanges nutritifs, il faut évidemment procéder par comparaison avec l'état ordinaire. Mais cette comparaison n'aura aucune valeur si les autres conditions ne sont pas identiques. Si l'attention se porte, par exemple, sur la quantité et la nature des substances éliminées, il est nécessaire de tous points que la quantité et la nature des aliments ingérés ait été la même.

C'est plus simple en théorie qu'en réalité, par la bonne raison qu'après l'ingestion des substances chimiques dont on cherche à déterminer l'effet, l'animal se refuse à manger, et il est difficile de l'y forcer.

Heymans (Gand) (1) a cru, avec raison, qu'il était plus aisé de renverser les rôles et de mettre l'animal sain dans les conditions de l'animal privé d'appétit : il suffit de ne donner à manger ni à l'un ni à l'autre.

Mais si on connaît assez bien la manière dont s'éliminent les aliments chez un animal qui mange, l'excrétion a été moins étudiée chez les sujets soumis à l'inanition. Il y avait peu de données, surtout relativement à un animal qui méritait cependant mieux par les services qu'il rend en physiologie, le lapin. Frerichs et Bischoff n'avaient expérimenté que sur un sujet. Rubner avait le record avec cinq lapins.

Heymans en a employé trente, dont un, très résistant, a dû passer trois fois par l'épreuve. Le nombre des observations est donc de trente-deux. Chez les autres lapins, l'expérimentation a été continuée jusqu'à la mort de l'animal.

Au moyen d'une alimentation convenable, Heymans amène d'abord les animaux à l'état d'équilibre pour la nutrition. Dès que la balance entre les gains et les pertes est établie, il examine l'urine et les substances qui la constituent.

Il retire ensuite toute nourriture, non-seulement solide mais liquide, et fait les mêmes observations qu'auparavant sur l'urine excrétée.

Chez le lapin, l'urine ne s'évacue pas d'une manière régulière, même à l'état normal. Aussi chacune des observations particulières porte sur une période de trois jours.

Tous les résultats sont d'abord donnés en nombres, puis représentés par des courbes sur un graphique. Cette dernière méthode permet au lecteur de saisir d'un coup d'œil l'allure des phénomènes.

(1) *Recherches expérimentales sur l'inanition chez le Lapin.* Extrait des ARCHIVES DE PHARMACODYNAMIE, vol. II, fasc. III et IV, 1896.

Le graphique est distribué en six colonnes donnant les variations du *poids*, de la *quantité d'urine*, de *sa densité* et des *quantités respectives d'urée, d'acide phosphorique* et *de chlorure de sodium*.

Les temps de survie des animaux varient beaucoup; il est cependant possible de prendre une moyenne, car, en excluant les sujets trop jeunes ou non encore parvenus à l'équilibre de nutrition, les écarts deviennent moins considérables, et on peut fixer à vingt jours la survie des lapins soumis à l'inanition.

La diminution de poids est assez régulière, non seulement pour le même lapin, mais pour l'ensemble des sujets; car non seulement chaque variation est représentée par une ligne assez droite, mais la plupart des droites sont parallèles,

La perte de poids, au moment de la mort, varie entre 37 et 56 p. c. La moyenne pour les sujets ordinaires peut être fixée à 44 p. c.

La quantité d'urine émise est loin d'être aussi régulière que la variation de poids. Dans les cas les plus fréquents, elle diminue d'abord pour augmenter ensuite.

La densité croît à peu près tout le temps.

La quantité absolue d'urée monte ou descend au début, mais, dans la presque universalité des cas, il arrive toujours une période où elle monte rapidement et s'élève bien au-dessus de la valeur initiale.

L'explication de ce phénomène n'est peut-être pas difficile. Le lapin, à l'état d'inanition, vit de sa propre substance, il devient carnivore, et il n'est pas étonnant que, s'alimentant aux dépens de substances riches en albuminoïdes, il fournisse une quantité notable d'urée.

La quantité d'acide phosphorique atteint aussi, d'ordinaire, un maximum supérieur à l'état normal.

La quantité de chlorure de sodium monte assez souvent au début, mais elle redescend ensuite en dessous de sa valeur initiale.

GUILL. HAHN, S. J.

GÉOGRAPHIE.

—

Le traité de Simonoséki, par le professeur baron von Richthofen (1). — On connaît les grandes lignes du traité sino-japonais : reconnaissance de l'indépendance de la *Corée;* forte indemnité de guerre à payer par la Chine; franchises commerciales assurées au Japon et par le fait aux puissances ayant des conventions avec l'Empire des Célestes ; enfin abandon au gouvernement de Tokio de l'île *Formose* et de la presqu'île de *Liao-tung.*

Ces cessions territoriales ont soulevé une vive opposition, notamment en Russie et en France. Or ces grandes protestataires ont amputé à la Chine, sans que l'Europe s'en alarmât outre mesure, des territoires autrement vastes que ceux acquis par le Japon. A la première, qui devait ouvrir à la Sibérie un débouché vers le sud de la mer d'*Ochotsk,* est échu le pays de l'*Amour* et celui d'*Ousouri,* jusqu'à la frontière de Corée, soit 450 000 kilomètres carrés; à la seconde, qui avait déjà deux grands intérêts en Chine, ses missions et son commerce, sont tombés en partage, à la suite du traité de paix du 9 juin 1885, l'Annam et le Tonkin, états vassaux de la Chine couvrant une superficie de 230 000 kilomètres carrés.

A quelles causes donc attribuer l'émotion causée par le traité de Simonosèki? Il ne s'agit plus seulement de quelques lambeaux de province : Liao-tung n'a que 20 000 kilomètres carrés et 500 000 habitants, et Formose 38 000 kilomètres carrés et trois millions d'habitants. On redoute un déplacement du centre de gravité des forces politiques et militaires, et surtout une modification dans l'équilibre économique en Chine.

La première de ces craintes est momentanément *amoindrie;* le Japon a renoncé à la presqu'île de Liao-tung, sa conquête

(1) Cet article a paru le 15 juin 1895 dans la Geographische Zeitschrift, publiée à Leipzig. La traduction qu'en a faite M. Marcel Vanderkindere est insérée dans la Revue de Belgique, 15 novembre 1895, pp. 264-294. Par ses longues études et l'expérience qu'il a acquise au cours de douze années de voyages dans l'Extrême-Orient, M. von Richthofen est parfaitement en situation de prévoir les conséquences des récentes victoires japonaises. Son travail contient des enseignements à méditer et à mettre en pratique sans retard.

stratégique la plus considérable; la seconde crainte n'a rien perdu de son acuité.

Examinons consciencieusement le nouvel état de choses qui semble se préparer dans l'Extrême-Orient. C'est une intéressante étude géographique, politique et économique.

La *Mandchourie* méridionale, depuis *Schan-haï-Kwan,* la porte fortifiée de la grande muraille, à l'ouest, jusqu'au fleuve *Yalou,* à l'est, porte le nom chinois de *Schöng-King.* Sa capitale s'appelle *Mukden,* en langue mandchoue, et *Föng-tiën* en chinois. La province est divisée en deux parties par le fleuve *Liao : Liao-shi,* c'est-à-dire à l'ouest de la Liao, et *Liao-tung,* à l'est de cette rivière. C'est la partie du Liao-tung conquise par leurs armées que les Japonais voulaient se réserver.

Le Liao est navigable pour les bateaux de faible tonnage et forme le seul havre du pays environnant, donc de la Mandchourie.

Le port où se trouvent les factoreries étrangères porte dans les contrats, etc., le nom de la ville située à 55 kilomètres de là, à l'est-nord-est, *Niu-tschöng;* son véritable nom, le seul employé dans les documents militaires, est *Ying-Kou* ou *Ying-tzé-Kou.*

Une autre place importante de la presqu'île de Liao-tung est *Haï-tschöng-hsiën,* située au pied des montagnes. Fortifiée, elle pourrait servir de place stratégique et commander la plaine méridionale de la Mandchourie.

La presqu'île de Liao-tung a peu de valeur comme territoire et comme centre de colonisation; le pays est très montagneux; le noyau se compose de chaînes de montagnes fort rapprochées, formées de gneiss et de granit, et d'une altitude moyenne de 750 mètres. Le sol arable est rare, si ce n'est près des côtes, à l'extrémité méridionale desquelles se trouve le golfe de *Lu-Schung* ou *Port-Arthur,* transformé par les Chinois en port militaire de premier ordre, mais construit en vue d'une attaque par mer, et non par terre, comme cela s'est produit dans la guerre sino-japonaise.

Port-Arthur a une grande importance stratégique et politique. Distant de cent kilomètres à peine du port de *Weï-haï-wei,* à la côte de Schan-tung, il est la clef de la *mer Jaune* et assure la liberté du passage vers *Pékin* et la Mandchourie.

Les Japonais ont fait consacrer par la Chine l'indépendance de la Corée.

Cette presqu'île, profonde en latitude de six degrés, est peu favorisée de la nature et a une situation géographique fort malheu-

reuse. Elle est rattachée au continent par un relief montagneux de 2500 mètres d'altitude, très sauvage, mais non inaccessible, profondément raviné et couvert de forêts vierges impénétrables. Ses eaux s'écoulent au nord vers la *Sungari*, à l'ouest vers le *Yalou*.

De ce massif se détache, d'une manière peu connue encore, la curieuse chaîne qui longe la côte orientale sur une grande longueur et projette de nombreux rameaux dans le pays, tourmenté par là de façon extrême. Comme toute la contrée d'ailleurs, elle est formée de roches primaires traversées de puissantes couches de granit ; on ignore ses trésors minéraux. Le versant de cette chaîne a une pente rapide vers la mer, où se trouve une côte unie et assez étroite, n'offrant que deux baies profondes. Une de celles-ci, la baie de *Gen-san* ou *Port-Lazaref*, peut devenir une porte d'entrée à l'est de la Corée. La puissance étrangère qui s'y installera fera une dangereuse brèche dans la muraille qui couvre le pays de ce côté.

Au sud et à l'ouest, une plaine plus étendue sépare les flots de l'océan, poussés contre une côte escarpée et rocheuse, des contreforts de la montagne. Il en descend quelques fleuves d'une certaine importance, mais de mince utilité pour la culture. En raison du relief, leurs eaux sont torrentueuses et ne déposent d'alluvions que dans de rares endroits. Ces sédiments forment le long des côtes, échancrées en baies profondes, mais impraticables, des deltas de nulle valeur, car ils sont couverts à chaque marée montante.

Quelles sont les conséquences de cette situation géographique de la Corée ? L'isolement et l'indépendance de la population, à laquelle le professeur von Richthofen reconnaît une haute individualité ; la prise de contact avec la civilisation chinoise et japonaise ; enfin et surtout une menace d'invasion permanente de la part de ses voisins.

Depuis l'absorption si complète de la Mandchourie par la colonisation, l'immigration et la langue chinoises, la situation de la Corée vis-à-vis de la Chine avait bien changé. Il en était résulté pour ce pays non seulement une vassalité nominale, exclusive de toute domination permanente ou mélange des deux populations, mais un contact étroit, très menaçant pour l'indépendance du pays.

Si ce péril paraît écarté, l'horizon est-il absolument serein ? Peut-être, mais il faudra sans doute compter avec le Japon.

Depuis la fin de leurs luttes dynastiques, les Japonais ont

pris pied en Corée. Leurs invasions arrêtèrent le développement des Coréens, qui sont cependant bien doués du côté de l'intelligence et supérieur aux envahisseurs sous le rapport physique. Des industries prospères ont disparu et l'agriculture agonise depuis l'abandon de la culture en terrasses.

La Corée devenue indépendante saura-t-elle se relever par ses propres forces de l'état minable où elle est tombée? M. von Richthofen semble ne pas le croire. Il se demande, à n'envisager les choses qu'objectivement, donc sans s'occuper de la politique ni des intérêts commerciaux de l'Europe, il se demande, disons-nous, si le protectorat japonais ne serait pas le salut du royaume de Séoul?

La possession de Formose a une très grande valeur. Coupée par la ligne des tropiques et soumise au régime des moussons, l'île est fort fertile et, dans les parties bien exposées, peut donner deux et trois récoltes par an. Il ne serait pas étonnant qu'elle renfermât des richesses minières; à la pointe nord tout au moins sont les mines de charbon de *Kilung,* qui sont mal exploitées.

Malheureusement trois millions de Chinois peuplent l'île, et il paraît difficile de les soumettre sans faire parler la poudre.

Quoique privée de bons ports, Formose, stratégiquement et politiquement parlant, constitue pour une puissance maritime une solide position contre la Chine et ses alliés.

L'ouverture, garantie par des traités, de villes de l'intérieur et de nouveaux ports au commerce étranger, a toujours été le but de la politique européenne en Chine. Les choix n'ont pas été tous heureux. Citons *Kiu-Kiang, Wou-hou, Wen-tschou-fou, I-tschang-fou.*

L'ouverture des places qu'ont réclamé les Japonais, et qui sont presque toutes situées dans la vallée du *Yang-tse-Kiang* et de ses affluents, prouve leur connaissance des grandes voies commerciales et des richesses de la Chine intérieure.

Schang-hsing-fou est à 160 kilomètres de *Shang-haï.*

Sou-tschou-fou et *Hang-tschou-fou,* situées dans le réseau de canaux s'étendant à l'ouest de cette dernière ville, en sont en quelque sorte des extensions et en sont éloignées de 140 et 175 kilomètres.

Ces trois places sont les centres des districts producteurs de la soie dans les provinces de *Kiang-sou* et *Tse-Kiang.* Or la soie joue un grand rôle au Japon : depuis quatre ans les Japonais ont porté de 13 000 à 600 000 le nombre des broches servant à sa fabrication.

Le *Yang-tse* sort, près d'I-tschang-fou, d'une étroite gorge montagneuse et se répand dans la fertile plaine de *Hu-Kwang,* donc dans les provinces de *Hupei* et de *Hunan.* Voyant que cette ville marquait la limite de la navigation régulière à vapeur sur le grand fleuve, les commerçants étrangers la considérèrent comme la porte d'entrée de la province de *Sze-tschwan*, et en obtinrent l'ouverture. Le choix n'était pas heureux. Pour le commerce intérieur, les voies navigables du Sze-tschwan aboutissent à *Scha-schi,* à cheval sur le Yang-tse, un peu en amont de I-tschang-fou, et point de concentration des canaux qui s'embranchent sur ce cours d'eau. Ces voies navigables établissent d'ailleurs les communications au nord avec le fleuve *Han* et avec *Hankou,* au sud avec le lac *Tung-ting* et le réseau fluvial du Hunan.

Scha-schi, siège des affaires des principaux commerçants chinois, occupe un des premiers rangs pour le commerce intérieur et est le centre d'un grand district producteur de coton.

Hsiang-tan-hsiën est le premier marché ouvert aux étrangers dans la province de Hunan. Il est placé sur la grande voie commerciale et presque exclusivement fluviale qui relie Canton et le moyen Yang-tse aux provinces occidentales, et est le point de réunion des fleuves servant au transport des richesses carbonifères de la contrée.

C'est une des villes les plus peuplées de la Chine et une place financière fort importante. Les grandes banques de l'empire y ont des succursales.

Enfin *Tschung-king-fou* est le centre bien connu du commerce et des communications du Sze-tschwan, la plus belle et la plus riche des provinces chinoises par la variété de ses produits, entre autres la soie et le charbon. La ville est située au confluent du Yang-tse et du *Kia-lung-kiang.* Mais ce dernier cours d'eau est-il navigable aux steamers ?

Les concessions territoriales et économiques que la Chine a dû faire au Japon sont-elles de nature à modifier les relations des puissances occidentales avec l'Extrême-Orient ? Nous ne le pensons pas. Elles viennent plutôt compléter la " politique économique agressive de l'Europe ", c'est-à-dire les avantages politiques et commerciaux qu'un vif esprit d'union a valus aux puissances occidentales.

Ce qui pourrait modifier ces relations, c'est la brusque entrée en scène des Japonais ; elle révèle une situation de fait, dont on commence à embrasser toute la portée.

En Chine la population, forte d'un demi-milliard d'habitants, est sobre, habile, intelligente, tenace au travail ; la main-d'œuvre à un bon marché inouï ; les produits du sol, innombrables et très variés ; enfin les richesses carbonifères, encore non exploitées, des plus importantes. D'après les gens bien informés, les matières brutes pourraient être obtenues en Chine à plus bas prix que chez nous et en Amérique, et le pays se suffire à lui-même et concourir victorieusement sur d'autres marchés avec la pauvre Europe. Cette échéance toutefois semble lointaine : le gouvernement chinois s'oppose à toutes les innovations, chemins de fer, usines, etc., de crainte de tuer la petite industrie plus développée dans l'Empire des Célestes qu'elle ne l'a jamais été dans aucun autre pays.

Au Japon au contraire, où la population vaut à peu près celle de la Chine, que voyons-nous? Des idées toujours larges ouvertes à tous les progrès et un développement intérieur qui est peut-être l'événement le plus extraordinaire de l'histoire de la civilisation chez les peuples isolés. Impossible de rechercher ici les causes de ce développement. Indiquons quelques-uns de ses éléments : sentiment intense d'unité nationale ; introduction d'un code civil et religieux fort sévère, et comme conséquence, création d'un corps social solidement établi ; assimilation rapide de la civilisation occidentale, avec les rouages et institutions qu'elle comporte, enseignement scientifique, organisation politique et militaire, voies de communications rapides, etc. ; vigoureux élan donné à l'industrie mécanique et au commerce. " En Chine, on trouve exceptionnellement dans les travaux de l'homme un angle absolument droit ou même deux poutres de construction convenablement assemblées. Au Japon, au contraire, tout est d'un fini achevé dans la technique mécanique. L'industrie décèle une conception très fine, un sens rare de l'ornementation et, dans beaucoup de créations, une habileté „ pas commune en Europe.

Les industries d'art, textiles, etc., sont déjà très développées au Japon. Ce pays ne suffit pas seulement à sa propre consommation ; il exporte en Chine, où il accaparera de plus en plus les richesses du sol et du sous-sol, et lutte déjà victorieusement contre les prix anglais à Singapour et sur d'autres places de l'Asie orientale. D'après le baron von Richthofen, les ouvrages de mécanique de précision, pour lesquels le Japonais a une adresse héréditaire, prendraient même sous peu le chemin de l'Allemagne, où l'on ne peut pas les produire avec le même soin à des prix rémunérateurs.

Les victoires japonaises, qui ont été une révélation et qui nous menacent d'une évolution économique considérable, doivent aussi être envisagées au point de vue politique; elles intéressent sérieusement plusieurs nations.

D'abord la Chine. Pour la première fois dans l'histoire, elle a perdu la place de puissance prépondérante en Asie orientale. Le gouvernement du Mikado peut exercer sur elle sa dictature et arrêter sa marche vers l'est. Or cette marche était un danger, car les Chinois auraient pu insensiblement s'implanter dans le pays pour y établir leur protectorat. En raison de leur habileté commerciale plus grande que celle des Japonais, ils auraient accaparé tout le petit commerce et épuisé le peuple.

La Russie est particulièrement affectée par les changements survenus dans l'Extrême-Orient. Son expansion territoriale ne sera plus aussi facile; comme elle, le Japon veille et guette la possession de la Corée et d'une partie de la Mandchourie, qui semblait une proie si facile. Or le Japon est un adversaire sérieux et le deviendra davantage. A ne se mettre qu'au point de vue purement défensif, il y aura nécessité pour la Russie de recourir à un plus grand déploiement de forces dans l'Asie orientale.

Formose n'est guère loin des Philippines; il est donc impossible à l'Espagne de rester indifférente au succès des armées japonaises. Nous reconnaissons que le danger n'est pas imminent; mais encore faut-il une sage prévoyance.

Les destinées politiques de la France, une autre grande puissance asiatique, ne sont pas menacées pour le moment.

Les grandes vues qui doivent dominer le débat, ce ne sont pas les intérêts particuliers des puissances, c'est le commerce général de l'Europe dans l'Extrême-Orient et la situation économique du monde entier. Les grandes intéressées sont l'Allemagne et surtout l'Angleterre, qui a la part du lion dans le trafic de la Chine, à laquelle elle paye en quelque sorte en opium indien le thé et la soie qu'elle en extrait.

Que doivent faire les peuples de l'occident pour obvier à cette situation? Rivaliser dans l'emploi des moyens propres à activer l'essor de la Chine.

L'ouverture forcée de l'Empire Céleste se fera sentir sous peu de manière fort sensible, dans l'économie financière du monde. L'exploitation de vastes mines de charbon, le travail du fer intimement lié à l'extraction de la houille, l'emploi des immenses forces productives du peuple, la création de moyens de locomotion

modernes ouvrent un large champ à l'esprit d'entreprise et aux capitaux européens. Le Japon a une grande avance sur les autres nations, grâce à son voisinage immédiat et à sa double nature de puissance asiatique possédant les éléments de la civilisation européenne. Raison de plus pour atténuer les dangers du nouvel état de choses qui vient de se manifester dans l'Extrême-Orient, mais dont la guerre sino-japonaise n'est qu'un premier acte à peine terminé.

L'île de Norfolk (1). — Cette île, découverte par le capitaine Cook en 1776, est située dans l'océan Pacifique, par 29°3'45" lat. S. et 167°58'6" long. E. Elle se trouve à 980 milles E. N. E. de Sydney et presque à mi-chemin entre le cap North (Nouvelle-Zélande), et la Nouvelle-Calédonie, respectivement à 400 milles S. S. E. et N. N. O. de ces deux points. Elle a 5 milles de long et 3 milles de large : sa superficie totale est de 8600 acres.

Les rocs à pic qui bordent la côte en rendent l'approche presque impossible. Par temps calme, les vaisseaux de passage peuvent cependant utiliser deux points situés l'un au sud, l'autre au nord de l'île.

Le sol, d'une couleur chocolat foncé, est généralement très fertile. Il nourrit la plupart des plantes des régions tropicales et tempérées : café, canne à sucre, bananes, légumes et fruits de toutes espèces : oranges, citrons, raisins mûres, etc.

Il y a une flore particulière à l'île. On peut citer le fameux pin de Norfolk *(Araucaria excelsa)*, un palmier *(Areca Baueri)*, une magnifique fougère arborescente *(Alsophila excelsa)*. Les seules forêts de quelque importance se trouvent sur le mont Pitt (313 mètres), sur la chaîne à laquelle il appartient, et sur les terres basses du nord-ouest.

Depuis 1788, Norfolk-Island a été plusieurs fois l'objet de tentatives de colonisation. Le dernier essai, couronné de succès celui-là, date de 1856. Sur des démarches pressantes, le gouvernement anglais céda Norfolk aux insulaires de l'île Pitcairn, distante de 4820 kilomètres. Le 8 juin 1856, ils débarquèrent dans leur nouvelle patrie, qu'ils firent prospérer.

Le gouvernement de l'île est représenté par trois fonctionnaires élus chaque année par les habitants. Leurs pouvoirs émanent du gouverneur de la Nouvelle-Galles du Sud, qui est

(1) D'après les renseignements fournis à M. Paul Wenz par M. Isaac Robinson, consul des États-Unis dans cette île. COMPTE RENDU DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE DE PARIS, 1895, pp. 314-317.

lui-même gouverneur titulaire de Norfolk. Les taxes sont inconnues dans ce petit coin de terre : mais le *Chief Magistrate* et ses conseillers font appel aux hommes de 18 à 60 ans, qui doivent, du 3 janvier au mois de juin, fournir chacun quatre journées de travail, principalement pour l'entretien des routes. Il n'y a d'autre revenu public que le produit de quelques amendes insignifiantes. Les appointements du *Chief Magistrate* sont de 625 francs ; le *Registreur* des terres et le chef du bureau des postes reçoivent 125 et 200 francs. Le docteur et le chapelain sont en partie payés avec un fonds accumulé depuis des années et placé à Sydney par le gouverneur.

Les lois, peu nombreuses, pourraient s'imprimer sur deux pages de papier d'écolier : elles répondent à tous les besoins, car on ignore ici le crime, la prison, et l'usage des spiritueux, dont l'entrée est prohibée, sauf pour les usages pharmaceutiques.

La pêche à la baleine, pratiquée de juillet à octobre, et depuis peu l'agriculture, sont les seuls moyens d'existence de la colonie.

Les exportations consistent en huile de baleine, laine, chevaux, oignons, pommes de terre, bananes, oranges, etc. On importe, sans prélèvement d'aucun droit de douane, des vêtemens, des épiceries, des armements pour la pêche à la baleine.

Le commerce général, importations et exportations, atteint un minimum 150 000 francs.

Les communications avec le monde extérieur sont assurées par un vapeur qui fait trimestriellement la navette entre Sydney et Norfolk. Ce steamer appartient à l'A. U. S. N., et fait escale à Sydney, Lord-Howe-Island, Norfolk-Island, Nouméa et Fidji. De plus, un petit schooner fait le commerce dans les îles.

Les habitants, dont le nombre total atteint 832, sont disséminés sur toute la surface de Norfolk Island dans de petites maisons de bois. Ils ne possèdent qu'une ville, Kingston, située au sud de l'île.

Chaque couple qui se marie reçoit en don 25 acres de terre ; sur les 4000 acres déjà aliénés, 600 seulement sont cultivés ; le reste, converti en pâturages, nourrit les moutons, bestiaux et chevaux qui paissent en liberté.

Le climat est des plus salubres ; il y a peu de maladies ; on n'y connaît aucune fièvre des îles. La mortalité est de 9 sur 1000.

Il nous faut projeter une ombre sur ce beau tableau. D'après une déclaration récente de lord Chamberlain faite à la Chambre des Communes, tout ne serait pas pour le mieux dans le meilleur des mondes, au point de vue gouvernemental et administratif. Des réformes s'imposent à bref délai. F. Van Ortroy.

TABLE DES MATIÈRES

DU

NEUVIÈME VOLUME (DEUXIÈME SÉRIE)

TOME XXXIX DE LA COLLECTION.

LIVRAISON DE JANVIER 1896.

Essai de géomorphogénie descriptive, par **M. A. de Lapparent** 5

Les Populations du sud de la Chine, par **Mgr C. de Harlez** 42

Morsures et piqûres venimeuses, par **M. Maurice Lefebvre** 94

Le Froid, son influence sur les phénomènes physiques, chimiques et physiologiques, par le **R. P. J. Van Geersdaele, S. J.** 150

Quelques exploits d'une particule d'air, par **M. G. Van der Mensbrugghe** 211

Bibliographie. — I. Stéréochimie, par Éd. Gabriel Monod. **R. P. Fern. Goossens, S. J.** 231

II. Les Nouvelles théories chimiques, par A. Étard. **R. P. Fern. Goossens, S. J.** 239

III. La Théorie atomique et la théorie dualistique, par E. Lenoble. **R. P. Fern. Goossens, S. J.** 241

IV. L'École pratique de physique, deuxième édition, par Aimé Witz. **A. G.** 243

V. Choix de fossiles caractéristiques des dépôts sédimentaires, par Julien Fraipont. **R. P. G. Schmitz, S. J.** 245

VI. Essai de paléogéographie. Restauration des contours des mers anciennes en France et dans les pays voisins, par F. Canu. **G. S., S. J.** 248

VII. Flora of the Outlying Carboniferous Basins of Southwestern Missouri, by David White *(Bulletin of the U. S. Geological Survey)*. **R. P. G. Schmitz, S. J.** 251

VIII. Ethnology. In two Parts : 1. Fondamental Ethnical Problems ; 2. The Primary Ethnical Groups ; by A. H. Keane. **R. P. J. Van den Gheyn, S. J.** 252

IX. Science catholique et savants catholiques ; — Bible, science et foi, par le R. P. Zahm, C.S.C.; traduits de l'anglais par l'abbé J. Flageolet. **M. C. de Kirwan** 258

X. Étude sur l'espace et le temps, par Georges Lechalas. **M. P. Mansion** 266

XI. Une cachette de fondeur à Vénat, par G. Chauvet. **M. le Mis de Nadaillac**. 274

XII. La Théorie des procédés photographiques, par de la Baume Pluvinel. **V. B.** 276

XIII. Applications scientifiques de la photographie, par G. H. Niewenglowski. **V. B.** 279

Revue des recueils périodiques.

Géologie, par **M. A. de Lapparent** 282

Botanique, par **M. Alph. Meunier** 289

Chronique agricole, par **V. D. B.** 301

Sciences sociales, par **M. Alb. Joly** 313

Sciences industrielles, par **M. J.-B. André** . . . 322

Géographie, par **M. Jos. de la Vallée Poussin**, (Les Dernières expéditions arctiques), et M. le Capitaine **Van Ortroy** 330 334

Compte rendu du IIIe Congrès scientifique international des catholiques *(fin)*. Sciences philosophiques, par **M. J. Homans**. 345

LIVRAISON D'AVRIL 1896.

L'Année scientifique et religieuse, par le **R. P. Victor Van Tricht, S. J.** 353
L'Électricité et la vie, par le **R. P. Guill. Hahn, S. J.** 391
Les Fondateurs de la minéralogie, par **M. l'abbé A. F. Renard** 425
Fresnel, Faraday, les électriciens et les forces a distance, par **M. C. de Kirwan**. 450
L'Age de la houille, par le **R. P. G. Schmitz, S. J.** . 463
Les Rayons X, par le **R. P. J.-D. Lucas, S. J.** . . . 487
L'Expédition belge projetée aux régions antarctiques, par **M. J. de la Vallée Poussin** 560
Huxley et M. de Varigny, par le **R. P. Guill. Hahn, S. J.** 572

Bibliographie. — I. Cours de chemins de fer professé à l'École nationale des Ponts et Chaussées, par C. Bricka, tome II *(Encyclopédie Lechalas)*. **M. M. d'Ocagne** 575
II. Histoire de la philosophie atomistique, par Léopold Mabilleau. **M. Georges Lechalas.** 582
III. Die Reste der Germanen aus Schwarzen Meere, von Dr Richard Loewe. **R. P. J. Van den Gheyn, S. J.** 598
IV. Le Congo, par M. Hubert Droogmans. **M. F. Van Ortroy** 606
V. La Défense des États et la fortification à la fin du XIXe siècle, par le Général Brialmont. **M. F. Van Ortroy** 610
VI. Théorie et pratique des assurances sur la vie, par H. Laurent *(Encyclopédie scient. des Aide-Mémoire)*. **M. É. Fagnart** 623
VII. Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1896. **Jean d'Estienne** 632
VIII. Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris pour l'année 1896. **Jean d'Estienne** . 643
IX. Sur l'origine du monde, Théories cosmogoniques des anciens et des modernes, par H. Faye. **Jean d'Estienne** 648

X. Analyse des alcools et des eaux-de-vie, par H. Rocques *(Encyclopédie scient. des Aide-Mémoire)*. **J.-B. A.** 650

XI. Le Pain : technologie, pains divers, altérations, par V. Galippe et G. Barré *(Encyclopédie scient. des Aide-Mémoire)*. **J.-B. A.** . . . 653

Revue des recueils périodiques.

Géologie, par **M. A. de Lapparent** 655

Chimie, par le **R. P. J. Van Geersdaele, S. J.** . . 662

Physiologie, par le **R. P. Guill. Hahn, S. J.** . . . 677

Géographie, par **M. F. Van Ortroy** 684

Louvain. — Imp. Polleunis & Ceuterick, 30, rue des Orphelins, 30

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

Tome IX.

DEUXIÈME SÉRIE

TOME IX — JANVIER 1896

(VINGTIÈME ANNÉE ; TOME XXXIX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
BUREAUX DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. Ch. George)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11.

1896

Prière d'envoyer à cette adresse tout ce qui concerne la RÉDACTION et l'ADMINISTRATION DE LA REVUE, ainsi que les ouvrages envoyés pour comptes rendus (deux exemplaires) ou offerts à la Société scientifique de Bruxelles.

LIVRAISON DE JANVIER 1896.

—

I. — ESSAI DE GÉOMORPHOGÉNIE DESCRIPTIVE, par **M. A. de Lapparent**, p. 5.

II. — LES POPULATIONS DU SUD DE LA CHINE, par **Mgr C. de Harlez**, p. 42.

III. — MORSURES ET PIQUURES VENIMEUSES, par **M. Maurice Lefebvre**, p. 94.

IV. — LE FROID, SON INFLUENCE SUR LES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES, CHIMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, par le **R. P. J. Van Geersdaele, S. J.**, p. 150.

V. — QUELQUES EXPLOITS D'UNE PARTICULE D'AIR, par **M. G. Van der Mensbrugghe**, p. 211.

VI. — BIBLIOGRAPHIE.—I. Stéréochimie, par Éd. Gabriel Monod. **R. P. Fern. Goossens, S. J.**, p. 231. — II. Les Nouvelles théories chimiques, par A. Étard. **R. P. Fern. Goossens, S. J.**, p. 239.— III. La Théorie atomique et la théorie dualistique, par E. Lenoble. **R. P. Fern. Goossens, S. J.**, p. 241. — IV. L'École pratique de physique, deuxième édition, par Aimé Witz. **A. G.**, p. 243. — V. Choix de fossiles caractéristiques des dépôts sédimentaires, par Julien Fraipont. **R. P. G. Schmitz, S. J.**, p. 245. — VI. Essai de paléogéographie. Restauration des contours des mers anciennes en France et dans les pays voisins, par F. Canu. **G. S., S. J.**, p. 248. — VII. Flora of the Outlying Carboniferous Basins of Southwestern Missouri, by David White. *(Bulletin of the U. S. Geological Survey.)* **R. P. G. Schmitz, S. J.**, p. 251. — VIII. Ethnology. In two parts : 1. Fondamental Ethnical Problems; 2. The Primary Ethnical Groups; by A. H. Keane. **R. P. J. Van den Gheyn, S. J.**, p. 252. — IX. Science catholique et savants catholiques; — Bible, science et foi, par le R. P. Zahm, C. S. C., traduits de l'anglais par l'abbé J. Flageolet. **M. C. de Kirwan**, p. 258. — X. Étude sur l'espace et le temps, par Georges Lechalas. **M. P. Mansion**, p. 266. — XI. Une cachette de fondeur à Vénat, par G. Chauvet. **M. le Mis de Nadaillac**, p. 274. — XII. La Théorie des procédés photographiques, par de la Baume Pluvinel. **V. B.**, p. 276. — XIII. Applications scientifiques de la photographie, par G. H. Niewenglowski. **V. B.**, p. 279.

VII. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Géologie, par **M. A. de Lapparent**, p. 282. — Botanique, par **M. Alph. Meunier**, p. 289. — Chronique agricole, par **V. D. B.**, p. 301. — Sciences sociales, par **M. Alb. Joly**, p. 313. — Sciences industrielles, par **M. J.-B. André**, p. 322. — Géographie (Les Dernières expéditions arctiques), par **M. Jos. de la Vallée Poussin**, p. 330, et M. le Capitaine **Van Ortroy**, p. 334.

VIII. — COMPTE RENDU DU IIIe CONGRÈS SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL DES CATHOLIQUES *(fin)*. — Sciences philosophiques, par M. J. Homans, p. 345.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

NOUVELLE SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (quinze années, 1877-1891) ; la **deuxième série** a été inaugurée en 1892.

Elle paraît en livraisons trimestrielles de 350 pages environ, à la fin des mois de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre.

Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'astronomie, la physique, la chimie, l'histoire naturelle, l'anthropologie, l'ethnographie, l'orientalisme, l'agriculture, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu approfondi et une analyse développée des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des recueils périodiques,** où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Outre ces trois parties, chaque livraison contient ordinairement un ou plusieurs articles de **Variétés** ou de **Mélanges scientifiques**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

Le prix d'abonnement à la *Revue des questions scientifiques* est de **20 francs** par an, pour tous les pays de l'Union postale.

Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** $^0/_0$; le prix de leur abonnement est de **15 francs** par an.

BRUNHES (Bernard), Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille. — **Cours élémentaire d'Électricité.** *Lois expérimentales et principes généraux. Introduction à l'Électrotechnique.* LEÇONS PROFESSÉES A L'INSTITUT INDUSTRIEL DU NORD DE LA FRANCE. In-8, avec 137 figures ; 1895 . . . . . 5 fr.

DUHEM, Chargé d'un Cours complémentaire de Physique mathématique et de Cristallographie à la Faculté des Sciences de Lille. — **Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme.** 3 volumes grand in-8 avec 215 figures, se vendant séparément.

TOME I : *Conducteurs à l'état permanent* ; 1891 . . . . . 16 fr.

TOME II : *Les aimants et les corps diélectriques* ; 1892. . . . . 14 fr.

TOME III : *Les courants linéaires* ; 1892 . . . . . 15 fr.

GÉRARD (Éric), Directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore, annexé à l'Université de Liége. — **Leçons sur l'Électricité**, professées à l'Institut électrotechnique. 4e édition, refondue et complétée. 2 volumes grand in-8, se vendant séparément :

TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des tranformateurs électriques*, avec 269 figures ; 1895 . . . . . 12 fr.

TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à la télégraphie et à la téléphonie, à l'éclairage et à la métallurgie*, avec 265 figures ; 1895 . . . . . 12 fr.

GÉRARD (Éric). — **Mesures électriques.** Leçons professées à l'Institut électrotechnique Montefiore, annexé à l'Université de Liége. Grand in-8 de 450 pages, avec 198 figures. Cartonné, toile anglaise ; 1896 . . . . . 12 fr.

JAMIN (J.), Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur de Physique à l'Ecole Polytechnique, et **BOUTY (E.)**. Professeur à la Faculté des Sciences. — **Cours de Physique de l'École Polytechnique.** 4e édition, augmentée et entièrement refondue par E. BOUTY. 4 forts volumes in-8 de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur ; 1883-1891. (*Autorisé par décision ministérielle.*) OUVRAGE COMPLET. . . . 72 fr.

On vend séparément :

TOME I : *Instruments de mesure. Hydrostatique. Physique moléculaire.* 243 figures et 1 planche . . . . . 9 fr.

(1er fascicule, 5 fr. — 2e fascicule, 4 fr.)

TOME II : *Chaleur.* 195 figures et 2 planches . . . . . 15 fr.

(1er fascicule, 5 fr. — 2e fascicule, 5 fr. — 3e fascicule, 5 fr.)

TOME III : *Acoustique. Optique.* 511 figures et 8 planches . . . . 22 fr.

(1er fascicule, 4 fr. — 2e fascicule, 4 fr. — 3e fascicule, 14 fr.)

TOME IV (Ire Partie) : *Électricité statique et Dynamique.* 316 figures et 2 planches . . . . . 13 fr.

(1er fascicule, 7 fr. — 2e fascicule, 6 fr.)

TOME IV (2e Partie) : *Magnétisme. Applications.* 324 figures et 1 planche . . . . . 13 fr.

(3e fascicule, 8 fr. — 4e fascicule, 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES, *par ordre des matières et par noms d'auteurs, des quatre volumes du* Cours de Physique. In-8° ; 1891 . . . . . 0 fr. 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront successivement compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1er Supplément. — *Chaleur.* — *Acoustique et Optique* ; par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8°, avec 41 fig. ; 1896. . . 3 fr. 50

Louvain. — Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Orphelins, 30.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

DEUXIÈME SÉRIE

TOME IX — AVRIL 1896

(VINGTIÈME ANNÉE ; TOME XXXIX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
BUREAUX DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. Ch. George)
11 RUE DES RÉCOLLETS, 11.

1896

Prière d'envoyer à cette adresse tout ce qui concerne la RÉDACTION et l'ADMINISTRATION DE LA REVUE, ainsi que les ouvrages envoyés pour comptes rendus (deux exemplaires) ou offerts à la Société scientifique de Bruxelles.

LIVRAISON D'AVRIL 1896.

—

I. — L'ANNÉE SCIENTIFIQUE ET RELIGIEUSE, par le **R. P. Victor Van Tricht, S. J.**, p. 353.

II. — L'ÉLECTRICITÉ ET LA VIE, par le **R. P. Guill. Hahn, S. J.**, p. 391.

III. — LES FONDATEURS DE LA MINERALOGIE, par **M. l'abbé A. F. Renard**, p. 425.

IV. — FRESNEL, FARADAY, LES ÉLECTRICIENS ET LES FORCES A DISTANCE, par **M. C. de Kirwan**, p. 450.

V. — L'AGE DE LA HOUILLE, par le **R. P. G. Schmitz, S. J.**, p. 463.

VI. — LES RAYONS X, par le **R. P. J. D. Lucas, S. J.**, p. 487.

VII. — L'EXPÉDITION BELGE PROJETÉE AUX RÉGIONS ANTARCTIQUES, par **M. J. de la Vallée Poussin**, p. 560.

VIII. — HUXLEY ET M. DE VARIGNY, par le **R. P. Guill. Hahn, S. J.**, p. 572.

IX. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Cours de chemins de fer professé à l'École nationale des Ponts et Chaussées, par C. Bricka, tome II *(Encyclopédie Lechalas)*. M. M. d'Ocagne, p. 575. — II. Histoire de la philosophie atomistique, par Léopold Mabilleau. M. Georges Lechalas, p. 582. — III. Die Reste der Germanen aus Schwarzen Meere, von Dr Richard Loewe. R. P. J. Van den Gheyn, S. J., p. 598. — IV. Le Congo, par M. Hubert Droogmans. M. F. Van Ortroy, p. 606. — V. La Défense des États et la fortification à la fin du XIXe siècle, par le Général Brialmont. M. F. Van Ortroy, p. 610. — VI. Théorie et pratique des assurances sur la vie, par H. Laurent *(Encyclopédie scient. des Aide-Mémoire)*. M. É. Fagnart, p. 623. — VII. Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1896. Jean d'Estienne, p. 632. — VIII. Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris pour l'année 1896. Jean d'Estienne, p. 643. — IX. Sur l'origine du monde, Théories cosmogoniques des anciens et des modernes, par H. Faye. Jean d'Estienne, p. 648. — X. Analyse des alcools et des eaux-de-vie, par H. Rocques *(Encyclopédie scient. des Aide-Mémoire)*. J.-B. A., p. 650. — XI. Le Pain: technologie, pains divers, altérations, par V. Galippe et G. Barré *(Encyclopédie scient. des Aide-Mémoire)*. J.-B. A. p. 653.

X. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Géologie, par M. A. de Lapparent, p. 655. — Chimie, par le R. P. J. Van Geersdaele, S. J., p. 66[illegible]. — Physiologie, par le R. P. Hahn, S. J., p. 677. — Géographie, par M. F. Van Ortroy, p. 684.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

NOUVELLE SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (quinze années, 1877-1891) ; la **deuxième série** a été inaugurée en 1892.

Elle paraît en livraisons trimestrielles de 350 pages environ, à la fin des mois de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre.

Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'astronomie, la physique, la chimie, l'histoire naturelle, l'anthropologie, l'ethnographie, l'orientalisme, l'agriculture, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu approfondi et une analyse développée des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des recueils périodiques,** où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Outre ces trois parties, chaque livraison contient ordinairement un ou plusieurs articles de **Variétés** ou de **Mélanges scientifiques**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT.

Le prix d'abonnement à la *Revue des questions scientifiques* est de **20 francs** par an, pour tous les pays de l'Union postale.

Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** %; le prix de leur abonnement est de **15 francs** par an.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS,

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55, A PARIS.

BRUNHES (Bernard), Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille. — **Cours élémentaire d'électricité.** *Lois expérimentales et principes généraux. Introduction à l'Électrotechnique.* LEÇONS PROFESSÉES A L'INSTITUT INDUSTRIEL DU NORD DE LA FRANCE. In-8, avec 137 figures ; 1895 . . . . . 5 fr.

DUHEM, Chargé d'un Cours complémentaire de Physique mathématique et de Cristallographie à la Faculté des Sciences de Lille. — **Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme.** 3 volumes grand in-8 avec 215 figures, se vendant séparément.

TOME I : *Conducteurs à l'état permanent* ; 1891 . . . . . 16 fr.

TOME II : *Les aimants et les corps diélectriques* ; 1892. . . . . 14 fr.

TOME III : *Les courants linéaires* ; 1892 . . . . . 15 fr.

GÉRARD (Éric), Directeur de l'Institut électrotechnique Montefiore, annexé à l'Université de Liége. — **Leçons sur l'Électricité**, professées à l'Institut électrotechnique. 4e édition, refondue et complétée. 2 volumes grand in-8, se vendant séparément :

TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des tranformateurs électriques*, avec 269 figures ; 1895 . . . . . 12 fr.

TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à la télégraphie et à la téléphonie, à l'éclairage et à la métallurgie*, avec 265 figures ; 1895 . . . . 12 fr.

GÉRARD (Éric). — **Mesures électriques.** Leçons professées à l'Institut électrotechnique Montefiore, annexé à l'Université de Liége. Grand in-8 de 450 pages, avec 198 figures. Cartonné, toile anglaise ; 1896 . . . . . 12 fr.

JAMIN (J.), Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur de Physique à l'Ecole Polytechnique, et **BOUTY** (E.), Professeur à la Faculté des Sciences. — **Cours de Physique de l'École Polytechnique.** 4e édition, augmentée et entièrement refondue par E. BOUTY. 4 forts volumes in-8 de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur ; 1885-1891. (*Autorisé par décision ministérielle.*) OUVRAGE COMPLET. . . . 72 fr.

On vend séparément :

TOME I : *Instruments de mesure. Hydrostatique. Physique moléculaire.* 243 figures et 1 planche . . . . . 9 fr.
(1er fascicule, 5 fr. — 2e fascicule, 4 fr.)

TOME II : *Chaleur.* 195 figures et 2 planches . . . . . 15 fr.
(1er fascicule, 5 fr. — 2e fascicule, 5 fr. — 3e fascicule, 5 fr.)

TOME III : *Acoustique. Optique.* 511 figures et 8 planches . . . . 22 fr.
(1er fascicule, 4 fr. — 2e fascicule, 4 fr. — 3e fascicule, 14 fr.)

TOME IV (Ire Partie) : *Électricité statique et Dynamique.* 316 figures et 2 planches . . . . . 13 fr.
(1er fascicule, 7 fr. — 2e fascicule, 6 fr.)

TOME IV (2e Partie) : *Magnétisme. Applications.* 324 figures et 1 planche . . . . . 13 fr.
(3e fascicule, 8 fr. — 4e fascicule, 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES, *par ordre des matières et par noms d'auteurs, des quatre volumes du* Cours de Physique. In-8° ; 1891 . . . . . 0 fr. 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront successivement compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1er Supplément. — *Chaleur.* — *Acoustique et Optique* ; par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8°, avec 41 fig. ; 1896. . . 3 fr. 50

Louvain. — Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Orphelins, 30.

iques
iqués
6
Bruxelles
21-85403

AMNH LIBRARY
100226239